



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

RONI VIRTANEN
**BETONIELEMENTTITEHTAAN LAADUNVALVONTA JA LAATU-
KUSTANNUKSET**

Diplomityö

Tarkastaja: Professori Kalle Kähkö-
nen ja Olli Teriö.

Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talou-
den ja rakentamisen tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 8. lokakuuta
2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

VIRTANEN, RONI: Betonielementtitehtaan laadunvalvonta ja laatukustannukset

Diplomityö, 58 sivua, 7 liitesivua

Lokakuu 2014

Pääaine: Rakennustuotanto ja -talous

Tarkastaja: Olli Teriö ja Kalle Kähkönen

Avainsanat: laadunhallinta, laadunvalvonta, betonielementti, betoni, laatukustannukset

Vuonna 2013 heinäkuussa tuli elementtitehtaille pakolliseksi CE-merkin käyttö ja sen mukana tulevat laadunvalvontaprosessit. Muutokset tehtaalla suoritettavassa laadunvalvonnassa eivät olleet kovinkaan suuria vaan isoimmat muutokset tulivat dokumentointipuolelle. Tässä diplomityössä käydään läpi laadunvalvonnan eri osa-alueita Porin Elementtitehtaalla ja luodaan kattava ohjeisto laadunvalvonnan suorittamiseksi. Tutkimuksen kohteena on myös laatupoikkeamista johtuvat kustannukset, joita pyritään vähentämään.

Työn tuloksena esitetään ohjeistus elementtitehtaan laadunvalvontaan ja siihen liittyvään dokumentointiin jokaisella tuotannon osa-alueella. Tärkeimpinä ohjeistuksina voidaan pitää valmiiden betonielementtien laadunvalvontaa ja jälkitarkastuksia.

Tutkimuksessa vertaillaan käytännön ja teoreettisen ohjeistuksen yhteensopivuutta ja kuvaillaan laadunvalvonnan toimenpiteitä ja laatukustannusten muodostumista käytännöntasolla. Diplomityössä arvioidaan myös Porin elementtitehtaalla tehtävää laadunvalvontaa ja sen toimivuutta sekä luodaan kehitysehdotuksia ja menetelmiä paremman laadun saavuttamiseksi.

Tutkimuksessa esitetään arvio siitä, miten uudet kehitysehdotukset ja menetelmät käytännössä toimivat. Uusien käytäntöjen ja laadunvalvontamenetelmien omaksuminen sekä kuinka hyödylliseksi muutokset on koettu.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's degree Programme in Civil Engineering

VIRTANEN, RONI: Precast concrete factory quality control and quality costs

Master of Science Thesis, 58 pages, 7 Appendix pages

October 2014

Major: Construction Management and Economics

Examiner: Olli Teriö and Kalle Kähkönen

Keywords: quality management, quality control, precast concrete, concrete, quality costs

In July 2013 CE mark and quality control processes became compulsory at precast concrete factory. Changes in the factory for carrying out quality control were not very big, but the biggest changes came to the documentation side. Thesis examines quality control different aspects of the Porin Elementtitehdas and creates comprehensive guidelines for performing quality control. The study also relates to the costs of quality deviations which are aimed at reducing.

The result is a comprehensive guidance quality control of precast concrete factory and related documentation at each production areas. The main guideline can be considered finished precast concrete quality control and post controls.

The study also compared the practical and theoretical guidelines for compatibility and describes the quality control measures and quality of the cost of the formation of a practical level. This thesis will also assess quality control of Porin Elementtitehdas and its effectiveness and to create development proposals and methods to achieve a better quality

The study also gives an estimate about how new development proposals and methods work in practice. New practices and quality control methods adoption and how useful changes have been experienced.

ALKUSANAT

Aloittaessani Porin Elementtitehtaalla työskentelyn nykyisessä toimenkuvassani laatuinsinöörinä vuoden 2013 syksyllä minun kanssani toimi laatupäällikön tittelillä Atao Oy:n Joni Väisänen. Laatupäällikön tehtävät oli ulkoistettu Atao Oy:lle Porin Elementtitehtaan resurssipulan takia, sekä myös vuoden 2013 heinäkuussa tulleen CE-merkintävaatimuksen vuoksi. Tehtäväni oli jatkaa laatuinsinöörinä huolehtien Porin Elementtitehtaan tuotamien tuotteiden laadusta ja laatuun liittyvistä dokumenteista.

Tämän päivätyön johdosta sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyöni liittyen elementtitehtaan laadunvalvontaan. Tutkimuksen ohessa pystyin auttamaan Porin Elementtitehdasta myös tuotannonohjauksen ja päivittäisten ongelmien ratkaisemisessa.

Kiitokset työn ohjaamisesta ja ajatuksia herättävästä kommentoinnista Olli Teriölle ja Kalle Kähköselle, jotka antoivat mahdollisuuden osallistua mm. opinnäytepiireihin etänä sekä kommentoivat työni sisältöä ja kirjoitusasua.

Suuret kiitokset haluaisin osoittaa myös Porin Elementtitehtaalte ja toimitusjohtaja Jaakko Virtaselle, joka on mahdollistanut tämän diplomityön tekemisen työn ohessa. Uskon, että tutkimuksen tekemiseen käytetyt työtunnit tulevat näkymään tulevaisuudessa positiivisesti laatupäällikön tehtäviä hoitaessani sekä Porin Elementtitehtaan asiakaspalutteen laatukohdissa.

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
1.1	Yrityksen esittely	1
1.2	Työn taustatietoja	1
1.3	Työn tavoite	1
1.4	Työn rajausta.....	2
1.5	Työn toteutus.....	2
2	Laatu yleisesti.....	4
3	Aineisto ja menetelmät.....	7
3.1	Laatupoikkeamien kirjaus	7
3.2	Havainnot tuotantohallista	9
3.3	Työntekijöiden haastattelut ja keskustelut	9
3.3.1	Kirvesmiesten haastattelut	9
3.3.2	Valumiesten haastattelut	10
3.4	Johtoryhmän haastattelu ja keskustelu	11
4	Betonin valmistuksen laadunvalvonta.....	12
4.1	Kiviainesten laadunvalvonta	12
4.1.1	Kiviainesten testaaminen	12
4.1.2	Kiviainesten valmistus varastointi, kuormaus ja kuljetuskalusto	13
4.2	Betonimassan laadunvalvonta.....	13
4.2.1	Tuoreen betonin testaus	16
4.2.2	Kovettuneen betonin testaus	17
4.2.3	Puristuslujuuden testauslaitteisto.....	18
4.2.4	Koekappalemuotit.....	18
5	Elementtien valmistuksen laadunvalvonta	20
5.1	Vastaanottotarkastukset.....	20
5.2	Työn suorituksen laadunvalvonta	20
5.3	Valmiiden elementtien laadunvalvonta.....	23
5.4	1-Luokan rakenteiden erityisvaatimukset laadunvalvonnassa	23
6	Laadunvalvonnan avulla havaittavat poikkeamat	24
6.1	Poikkeamat betonin laadunvalvonnassa.....	24
6.2	Poikkeamat vastaanotetuissa tavaroissa.....	24
6.3	Sisäiset poikkeamat elementeissä	25
6.4	Ulkoiset poikkeamat elementeissä	25
6.5	Auditointien avulla havaittavat poikkeamat prosesseissa	26
7	Tutkimustulokset Porin Elementtitehtaalta	28
7.1	Työmailta tulleet reklamaatiot ja laatukustannukset.....	28
7.2	Haastattelujen ja keskusteluista havainnot.....	29
7.2.1	Betonimyllyläri/betonilaborantti.....	29
7.2.2	Valumiehet.....	29
7.2.3	Kirvesmiehet	29

7.2.4	Johtoryhmä.....	30
7.3	Havainnot tuotantotiloista	31
8	Aineiston analysointi.....	33
8.1	Laatukustannukset.....	33
8.2	Haastattelut ja keskustelut.....	33
8.2.1	Analyysi kirvesmiesten kanssa käydystä keskustelusta.....	33
8.2.2	Analyysi valumiesten kanssa käydystä keskustelusta	34
8.2.3	Analyysi Johtoryhmän kanssa käydystä keskustelusta.....	34
9	Kehitysehdotukset	36
9.1	Elementtien tunnuslaput.....	37
9.1.1	Materiaali	38
9.1.2	Lapun valmistus	38
9.1.3	Elementtitunnuslapun toiminta käytännössä	40
9.2	Sisäiset auditoinnit ja laatujärjestelmä	41
9.2.1	Sisäisessä auditoinnissa havaittavat poikkeamat	41
9.2.2	Sisäisten auditointien suorittaminen tulevaisuudessa	42
9.3	Jälkitarkastuskortti	43
9.4	Reklamaatioiden ja laatupoikkeamien korjaaminen	44
9.5	Tuotantohallin siisteys	46
9.5.1	Muutokset jäteastioihin ja lavoihin	46
9.5.2	Työntekijöiden ohjeistus.....	46
9.6	Työnjohdon ohjeistukset ja uudet toimintatavat	46
10	Pohdinta	48
10.1	Aineiston tarkastelu.....	48
10.2	Tutkimuksen tarkastelu	49
10.3	Jatkotoimintaehdotukset.....	49
	Lähteet.....	50
	Liitteet	51

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Laadunvalvonta	Tarkoittaa yrityksen valmistamien tuotteiden, töiden ja käyttämien raaka-aineiden arviointia riittävän hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi.
Mittapoikkeama	Tarkoittaa betonielementin mitoissa olevaa virhettä
Sisäinen poikkeama	Tarkoittaa laadunvalvonnan jo elementtitehtaalla havaitsemaa poikkeamaa tuotannossa
Ulkoinen poikkeama	Tarkoittaa yrityksen ulkopuolella tai asiakkaan toimesta havaittavaa poikkeamaa
Umbrella-järjestelmä	Umbrella-järjestelmä on ATA OY:n kehittämä laadunvalvontatyökalu, jonne tallennetaan kaikki yrityksen laatudokumentit sekä laatu-järjestelmä.
Puristuslujuus	Puristuslujuus tarkoittaa koekappaleen kestävyyttä puristus-tilanteessa.
CE-merkintä	Tarkoittaa, että tuotteen valmistaja vakuuttaa tuotteidensa olevan EU-direktiivien mukaisesti valmistettu

1 JOHDANTO

1.1 Yrityksen esittely

Porin Elementtitehdas Oy on keskikokoinen betonielementtien toimittaja, jolla on yksi tehdasyksikkö lähellä Porin keskustaa. Elementtitehtaan tuotteisiin kuuluu tiili- ja betonipintaiset julkisivuelementit sekä palkki-, pilari-, kaide-, parveke-, sisäkuori- ja väliseinäelementit. Joskus tuotantoon tulee myös erilaisia erikoiselementtejä, mutta ne eivät ole ydinosaamistamme eivätkä tehtaan tuottavuuden kannalta mitenkään merkityksellisiä. Yrityksen toimistotilat sijaitsevat samalla tontilla kuin tuotantotilat.

Yritys on perustettu vuonna 1997 Jaakko Virtasen ja Tapio Lindroosin toimesta. Virtanen ja Lindroos ostivat silloisen konkurssiin menneen elementtitehtaan konkurssipesän sisältäen tontin ja tuotantotilat ja – välineet.

Yritys on tehnyt tasaista kasvua siitä lähtien ja tulokin on ollut positiivinen lähes jokaisena vuonna perustamisesta lähtien lukuun ottamatta koko rakennusalaan koetellutta lamaa vuonna 2007.

Diplomityöstä saa selkeän kuvan betonielementtitehtaan laadunvalvonnasta teoriasella, sekä tuodaan mukaan myös käytännössä havaittuja asioita Porin Elementtitehtaan laadunvalvonnasta, laadunvarmistuksesta ja laatuksennuksista.

1.2 Työn taustatietoja

Porin Elementtitehtaan työkanta muodostuu pääosin Turkuun, Tampereelle ja Pääkaupunkiseudulle rakennettavista betonielementtikerrostaloista. Nämä kohteet pitävät usein sisällään julkisivu, väliseinä- ja parveke-elementtejä. Elementtien valmistus sisältää useita työvaiheita, joiden jokaisen laatua tulee valvoa. Porin Elementtitehtaan saatua tuotteiltaan CE-merkintäoikeuden vuoden 2013 alussa laadunvalvontakriteerit tarkentuivat entisestään.

1.3 Työn tavoite

Tämän työn tavoite on selvittää laadunvalvonnan periaatteet sekä laatuksennusten muodostuminen ja yleisimmät syyt laatuksennuksiin betonielementtitehtaalla. Tärkeää on löytää vastaukset kysymyksiin miten betonielementtitehtaalla suoritetaan laadunvalvontaa ja miten sen ohi pääsee poikkeavia tuotteita. Tarkoituksena on tehdä tutkimus elementtitehtaan laadunvalvonnasta, jolla voidaan tukea ja täydentää Porin Elementtitehtaan laadunvalvontasuunnitelmaa, sekä esittää tärkeimmät vaatimukset laadunvalvonnan kannalta, jotta tutkimuksen lukija tietäsi diplomityön luettuaan, että mikä betonielementtitehtaan laadunvalvonnassa on oleellista ja mitä laadunvalvonta sekä laadukkaat tuotteet vaativat tehtaan työntekijöiltä. Tutkimuksessa tarkastellaan pääosin Betoniteollisuus ry:n

sekä johtavien laatua koskevien tutkijoiden kirjallisuutta ja esitetään elementtitehtaan laadunvalvonnan kannalta oleelliset asiat. Vertaillaan kirjallisuutta myös yleispäteviin laadunvalvontaa käsitteleviin teoksiin, jotta pystytään löytämään yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia elementtitehtaan laadun parantamiseksi. Työssä havainnollistetaan käytännön tasolla elementtitehtaan laadunvalvontaa ja vertaillaan sitä kirjallisuudesta havaittuihin asioihin.

1.4 Työn rajaus

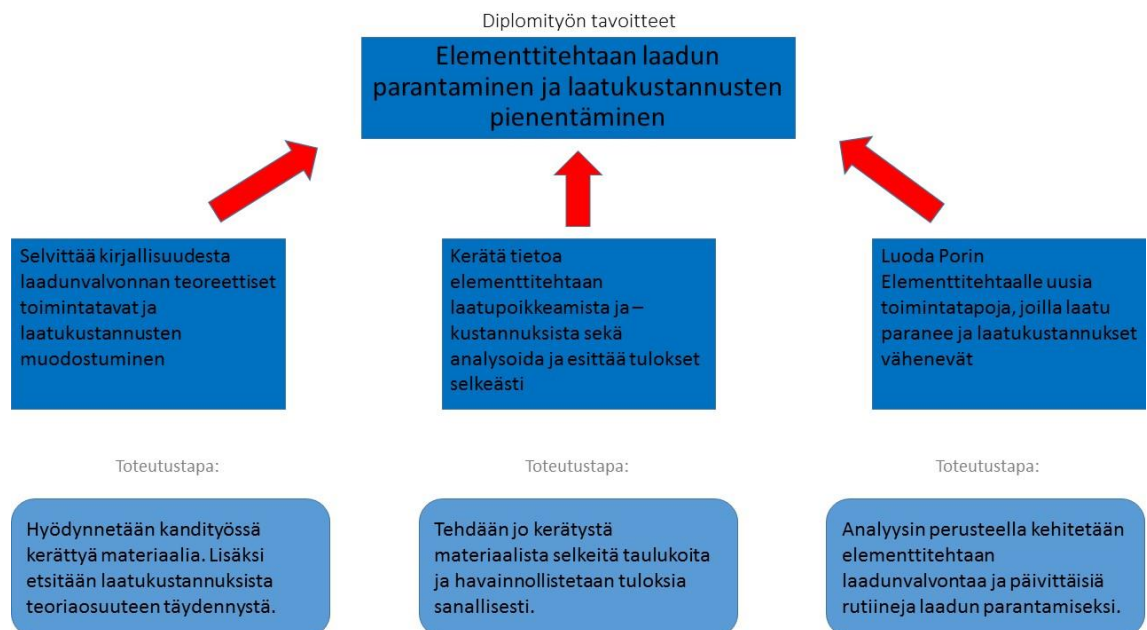
Tämä työ on rajattu koskemaan Porin Elementtitehtaalla valmistettavien betonielementtien valmistusta ja niiden laadunvalvontaa. Betonielementtien valmistuksessa on useita vaiheita, joiden laadunvalvontaa suoritetaan erilaisten kokeiden avulla. Työssä tarkastellaan tarkemmin elementtitehtaalla valmistettavien osien ja työvaiheiden laadunvalvontaa, mutta elementeissä usein käytettyjen valmiiden komponenttien laadunvalvonta rajataan siten, että tuotteen mukana tulevat laatutodistukset ja sertifikaatit riittävät kelpoisuuden toteamiseen.

1.5 Työn toteutus

Aluksi esitetään laadun käsitettä ja mitä sana laadunvalvonta tarkoittaa. Samalla kerrotaan yleispiirteittäin mistä laadunvalvonnassa on kyse ja miten sitä tehdään.

Luvuissa 4 ja 5 käydään läpi elementtitehtaan laadunvalvontaa osa-alueittain niin tavaran vastaanoton, betonin valmistuksen kuin varsinaisten elementtien teon suhteen. Laadunvalvonnan tuloksena elementtien kelpoisuuden toteaminen ja miten toimitaan, jos poikkeamia havaitaan. Laatukustannusten muodostuminen ja mitkä työvaiheet aiheuttavat laatupoikkeamia, jotta voidaan keskittyä kehittämään oikeita työvaiheita sekä elementtien tarkastusta näiden osalta.

Diplomityö koostuu kirjallisuuslähteistä löydetystä tiedosta, vuoden aikana tehdystä yhteenvedosta poikkeamien määristä ja niiden aiheuttamista kustannuksista Porin Elementtitehtaalla, päivittäin tehdyistä havainnoista tuotannossa sekä työntekijöiden, että työnjohdon haastatteluista ja keskusteluista heidän kanssaan.



Kuva 1.1 Diplomityön tavoitteet ja suoritustapa

Kuvassa 1 on esitetty diplomityön päätavoite, joka on elementtitehtaan laadun parantaminen ja laatukustannusten pienentäminen. Kuvassa on esitetty myös kolme osatavoitetta ja niiden toteutustavat, joiden avulla päästään päätavoitteeseen.

2 LAATU YLEISESTI

Laadunvarmistus ja laadunhallinta-käsitteet ovat olleet käytössä useiden kymmenien vuosien ajan varsin laajassa mittakaavassa. Laadunhallintastandardien käyttö on lähtenyt telakka-, ydinvoima ja lentokoneteollisuudesta, jotka ovat ensimmäisenä ottaneet käyttöön varsinaisia laadunhallintasuunnitelmia (Voutilainen, Ritola, Moisio 2001). Tunnetuimmiksi standardeiksi ovat tulleet ISO 9000-standardit, joista ensimmäiset versiot ilmestyivät jo vuonna 1987. Standardiensisällön ja terminologian selvä suuntautuneisuus metalliteollisuuteen koettiin ongelmaksi ja siksi kehitettiin eri aloille omat standardit.

Laatu -käsitteellä tarkoitetaan tuotteen soveltumista asiakkaan tarpeisiin, että se on kustannustehokkaasti valmistettu ja se täyttää yhteiskunnan asettamat vaatimukset. Ensisijaisena laadun tavoitteena pidetään tuotteen vastaamista asiakkaan tarpeisiin. Asiakkaaksi luetaan kaikki seuraavien työvaiheiden työntekijät tai tuotteen käyttäjät. Laadukkaisiin tuotteisiin ei pidä siis pyrkiä hinnalla millä hyvänsä.

Nimensä mukaisesti laadunvarmistuksessa pyritään varmistamaan, että valmistettu tuote on suunnitelmien mukainen ja täyttää standardien vaatimukset. Ensimmäisissä standardeissa painotettiin toimintokeskeisyyttä ja oikeantyyppinen dokumentaatio oli avainasemassa (Voutilainen, Ritola, Moisio 2001). Moni yritys alkoiinkin mukailemaan omassa laadunhallintasuunnitelmassaan standardia, jopa otsikkotasolla ja näin ollen yrityksen soveltivat omat järjestelmänsä standardiin eikä toisinpäin, mikä on huomattavasti kannattavampaa yrityksen kannalta.

Yrityksen toiminnan tehokkuus ja virheettömät tuotteet eivät ole korkean laadun tae, vaan edellytyksenä on aina ulkopuolisen arvioijan, useimmiten asiakkaan näkemys. Laatukäsitteen ominaisuuksia on listattu seuraavassa luettelossa (Lecklin 2002):

- valmistuslaatu keskittyy valmistusprosessiin ja varmistaa prosessin tuottamien tuotteiden valmistuksen vaadittujen määritysten mukaan, joka on usein käytetty tapa perinteisessä laadunvalvonnassa
- tuotelaatu tarkoittaa suunnittelun osuuden korostamista tuotteen laadun määrittämisessä
- arvolaadussa arvostetaan eniten kustannus-hyötysuhdetta eli mikä tuote antaa parhaan tuoton sijoitetulle pääomalle
- kilpailulaadulla tarkoitetaan markkinoilla olevaa yleistä laatua eli laatu on riittävän hyvää, kun se on yhtä korkealla tasolla kuin kilpailijoilla
- asiakaslaatu on asiakkaan tarpeet tyydyttävää laatua, jolloin laadun katsotaan olevan riittävän korkeaa
- ympäristölaatu tarkoittaa, että laatua voidaan mitata myös tuotteen pitkäkestoisuuden, ympäristö ja yhteiskunnan kannalta. Näiden lisäksi tuotteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon sen koko elinkaari tuotteen hävittämiseen asti.

Laadunvalvontaa on suoritettava, jotta betonirakenteiden kelpoisuus voidaan varmistaa. Betonin valmistusvaiheesta, betonoinnista sekä betonoinnin jälkeen tapahtuvasta jälkihoidosta tehdään laadunvalvonnan yhteydessä tarvittavat muistiinpanot, joiden perusteella voidaan jälkikäteen selvittää työsuoritusvaiheessa tehdyt asiat (BY 50 2009, s.3). Elementtitehtaan elementtien valmistusta voidaan kutsua tarkastetuksi, jos tehtaan laadunvalvontaa valvoo ympäristöministeriön hyväksymä toimitus. Betonin ja rakenteiden valmistuksen valvonta kuuluu elementtitehtaan laadunvalvontaohjelmaan. Betonin laadunvalvonnassa tehdään kokeita raaka-aineisiin, betonimassaan ja kovettuneeseen betoniin. Rakenteiden laadunvalvonta elementtitehtaalla kohdistetaan raudoitukseen, muottirakenteisiin, betonointiin ja sen tiivistämiseen sekä jälkihoitoon ja lämpökäsittelyyn. Talteen otettavat asiakirjat (BY 201 2005):

- elementtitehtaan tunnustiedot, betonityönjohtajat, betonilaborantit ja heidän työaikansa
- elementtien käsittely ja varastointi
- muottien ja raudoituksen valvontatoimenpiteet
- rakenteiden tarkastukset
- muut tarpeelliset asiat.

Betonielementtien kohdalla asiakkaiksi voidaan lukea työmaan rakentaja, asennusurakoitsija, rakennuttaja ja lopullinen asunnon tai rakennuksen käyttäjä. Koska ketjussa on monia eri toimijoita, edellisen työvaiheen huono laatu aiheuttaa aina lisätöitä seuraavassa vaiheessa.

Laadun yhteydessä puhuttaessa taloudellisuudella ei tarkoiteta vain sitä, kuinka paljon yritys pystyy nettoamaan kyseisestä tuotteesta. Yrityksen tuottamien tuotteiden tulee olla taloudellisia myös tekijöiden ja kansantalouden kannalta. Taloudellisuuteen voidaan myös lisätä arvostustekijöitä, joita ei pystytä rahallisena arvona mittaamaan. Kyseisiä seikkoja ovat mm. työergonomia, tuotteen pitkäaikaiskestävyys ja kestävä kehityksen periaatteet.

Yhteiskunnan asettamat laatuvaatimukset kuvitellaan aina vain palvelemaan asiakkaan näkökulmasta. Näillä määräyksillä ja ohjeilla on tarkoitus varmistaa asiakkaan laaduntakaamiseksi myös tasapuolinen kilpailutilanne yritysten välillä.

Valmistuksen laatu tarkoittaa tuotteiden valmistamista piirustusten mukaan ja että tuote vastaa kaikilta osiltaan vaatimuksia ja suunnitelmia (Hokkanen 2006). Ammattitaito, työkalut ja välineet on kaikki saatava vastaamaan laadun toteuttamisvaatimuksia (Hokkanen 2006)

Laadunvalvonnan alkutarkastuksen suorittaa ympäristöministeriön hyväksymä toimitus, esimerkiksi SFS-Inspecta Sertifiointi Oy (BY 50 2009). Alkutarkastuksen lisäksi kyseinen toimitus suorittaa tasaisin väliajoin tarkastuksia, joissa tarkastetaan ainakin laatujärjestelmä sekä näytteenotto-, koe- ja valmistusmenetelmät. Lisäksi tarkastuksessa käydään läpi tarkastusajanjakson aikana kirjatut tiedot, ennakkokokeiden tulokset, valmistuksen valvonnan koetulokset ja havaitut laatu puutteet (BY 201 2005). SFS- ja CE-tarkastustoimintaan kuuluminen on yrityksen kannalta vapaaehtoista, mutta rakenneluok-

kien 1 ja 2 betonielementtien valmistajilta edellytetään näitä merkintöjä. Mikäli betonielementtitehtaalla ei ole CE-merkintäoikeutta, ei se voi käytännössä katsoen tehdä muita kuin yksinkertaisia pikkutöitä.

Yrityksen laadun vaikutukset markkinoilla voidaan kuvata ketjureaktiolla, joka alkaa asiakkaiden tarpeiden täyttämisestä hyvälaatuisilla tuotteilla. Tyytyväiset asiakkaat ovat uskollisia yritykselle, joka pystyy tuottamaan heidän mielestään laadukkaita tuotteita. Tyytyväiset asiakkaat lisäävät omien ostojensa määrää sekä kertovat laadukkaista tuotteista eteenpäin muille potentiaalisille asiakkaille. Laadun ansiosta yrityksen markkina-asema vahvistuu. Tyytyväiset asiakkaat ja hyvä laatu antavat yritykselle myös vapautta hinnoittelussa, jolloin tuotteet voidaan myydä paremmalla katteella (Lecklin 2002).

Laatukustannukset määrittävät yrityksen menestysmahdollisuudet markkinoilla (Silén, 1998). Yrityksen tavoitteena on tehdä asiat ensimmäisellä kerralla oikein. Laatukustannusten ollessa jatkuvasti korkealla, yrityksen toiminta tulee loppumaan vääjäämättä (Silén, 1998). Laatukustannukset voidaan laskea tuotantokustannuksiksi ja aiheuttavat yrityksen laaduttomasta toiminnasta (Silén, 1998).

Laatukustannukset voidaan jakaa kolmeen luokkaan (Suominen, 1990). Ensimmäinen luokka on ennaltaehkäisevät toimenpiteet. Toiseen luokkaan kuuluvat tarkastukset ja kokeet. Kolmanteen luokkaan kuuluvat virheiden korjauskustannukset. Kolmas luokka eli virheiden korjauskustannukset on suurin rahallinen tekijä laatukustannuksissa ja yrityksen tulee ehkäistä tuotannossa syntyviä virheitä mahdollisimman hyvin (Suominen, 1990).

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus aloitettiin etsimällä sopivaa kirjallisuutta betonin ja betonielementtien valmistuksesta. Betoniteollisuuden BY-kirjasarja on erittäin hyvä ja kattava teoria-aineisto betonielementtien valmistukseen ja laadunvalvontaan. Diplomityössä on katsottu laatua ja laadunvalvontaa hieman betoniteollisuuden ulkopuoleltakin, joista hyvänä esimerkkinä on Olli Lecklinin teos Laatu yrityksen menestystekijänä.

Porin Elementtitehtaan tämän hetkinen laatujärjestelmä on luotu vuoden 2013 alussa, jolloin yritys sai CE-merkintäoikeuden. Laatujärjestelmästä löytyy lähes kaikki tarvittavat teoreettiset tiedot betonielementtitehtaan laadunvalvonnasta ja toimenpiteiden suorittamisesta. Hyvänä esimerkkinä kuva 5.1, jossa on esitetty betonielementin tarkastuskortti. Tarkastuskortista ja sen käytöstä on esitetty luvuissa 5.2 ja 5.3 teoreettinen näkemys ja kuinka sen tulee toimia.

Laatuinsinööri työskentelee päivittäin elementtien laadun parissa ja tekee havainnot elementtitehtaan suoritetuista töistä. Havainnot ovatkin teoriaosuuden lisäksi suuri osa tutkimusta, jota työssä tehdään. Tutkimuksessa otetaan kantaa teoreettisiin asioihin, joita diplomityössä esitetään ja kerrotaan, kuinka asiat nähdään päivittäin tehtynä vai tehdäänkö teoreettisen laadunvalvonnan mukaisia töitä ollenkaan. Työssä kehitetään parannusehdotuksia päivittäisen laadunvalvonnan suorittamiseksi ja laadun parantamiseksi. Työssä etsitään ja esitetään myös tärkeimpiä vaatimusluetteloita lähteistä, jotta diplomityön avulla voi päivittää elementtitehtaan laatujärjestelmää kattavammaksi.

3.1 Laatu poikkeamien kirjaus

Laatu poikkeamien kirjaus aloitettiin kesällä 2013. Poikkeamat kirjataan ATA OY:n kehittämään Umbrella-laadunvalvontajärjestelmään, jossa on myös Porin Elementtitehtaan muut laatudokumentit sekä kuvaukset tuotantoprosesseista.

▼ Perustiedot	
Lomakkeen nimi	
Päivämäärä	2014-10-08 07:02
Poikkeaman kirjoitti	
<small>Kirjoita kenttään nimi kuka poikkeaman kirjoitti</small>	
Poikkeamaluokitus	<input type="checkbox"/> Sisäinen <input type="checkbox"/> Toimittaja <input type="checkbox"/> Ulkoinen*
Osastoluokitus	1. Betonin valmistus
Kuvaus poikkeamasta	
<small>Asiakkaan antama / sisäinen kuvaus poikkeamasta</small>	
Vastine asiakkaalle	
<small>Vastine asiakkaalle. Mitä asiakkaan kanssa on sovittu? Kirjoita kenttään kuka, mitä ja koska.</small>	
Sisäinen käsittely	
<small>Sisäinen keskustelu poikkeaman syistä. Järjestelmä nimikoi kenttään kuka asiaa on kommentoinut.</small>	
Liitä tiedosto	<div> <div>Nimi</div> <div>Tiedosto</div> <div>Valitse tiedosto</div> <div>Ei valittua tiedostoa</div> <div>Lisää</div> <div>Peruuta</div> </div> <div> <div>TIEDOSTO</div> <div>TOIMINNOT</div> <div>Ei liitettyjä tiedostoja.</div> </div>
Korjaava toimenpide	
<small>Lisää kuvaus korjaavasta toimenpiteestä</small>	
Vastuuhenkilö	
<small>Vastuuhenkilö korjaavan toimenpiteen toteuttamiseksi</small>	
Laatukustannus	
<small>laatukustannus euroina. Laita kenttään pelkkä luku muodossa xxx,xx</small>	
Laatukustannusten selite	
<small>Vapaamuotoinen selite laatukustannusten muodostumisesta</small>	

Kuva 3.1 Poikkeamalomake

Kuvassa 3.1 on esitetty lomakepohja, jolla tehtaalla havaitun tai työmaalta tulleen reklamaation perusteella kirjataan laatupoikkeaman tiedot järjestelmään. Lomakkeeseen tulee kohteen eli työmaan perustiedot, joihin kuuluu työmaan työnumero ja koko nimi. Poikkeamaluokitus määrittellään sen mukaan onko kyseessä sisäinen, toimittaja vai ulkoinen poikkeama. Sisäinen poikkeama tarkoittaa oman laadunvalvonnan havaitsemaa poikkeamaa, joka pystytään korjaamaan ennen tuotteen toimittamista työmaalle. Toimittajaluokitus on tavaran toimittajan tuotteissa havaittu poikkeama. Ulkoinen poikkeama on työmaan tai asiakkaan tekemä reklamaatio viallisesta, suunnitelmasta poikkeavasta tuotteesta.

Poikkeaman osastoluokitus on jaettu kahdeksaan eri ryhmään, jotka ovat betonin valmistus, elementtimuottien valmistus, raudoitus, elementtien varustelu, sähkötyöt, elementtien valu, elementtien viimeistely ja välivarastointi sekä elementtien kuljetus. Mikäli poikkeamalle ei löydy yhtä oikeaa osastoluokitusta, määrittelee laatuinsinööri parhaiten sopivan luokan poikkeamalle ja selvittää asiaa kuvaus poikkeamasta kohdassa.

Vapaisiin kenttiin kirjoitetaan tarkemmat tiedot poikkeamasta, vastine asiakkaalle sekä sisäinen käsittely. Sisäisellä käsittelyllä pyritään välttämään jatkossa samankaltaiset virheet.

Korjaava toimenpide ja laatukustannus ovat olleet tärkeitä kohtia tämän tutkimuksen kannalta ja niistä on saatu erittäin hyvää dataa tutkimuksen johtopäätöksiä sekä kehittämisehdotuksia tehdessä.

3.2 Havainnot tuotantohallista

Tuotantohalliin tehdään päivittäin pistotarkastuksen omaisia havaintokäyntejä, joiden tarkoituksena on seurata käytännössä annettujen ohjeiden ja toimintatapojen noudattamista. Tarkastellaan kirvesmiesten toimintaa muottien kokoamisvaiheessa ja elementtien varustelussa, valumiesten valaessa elementtejä ja tehdessä pintoja sekä putsauspään toimintaa elementtien viimeistelyssä, tarkastusmittauksessa ja välivarastoinnissa.

Laatuinsinööri pitää mukanaan muistiota, joihin hän kirjaa havaitut asiat. Havaitaan sekä hyvin tehtyjä asioita, että kehittämisen tarpeessa olevia työvaiheita tai toimintatapoja. Pidetään kirjaa tapahtuvako havaitut asiat päivittäin vai ovatko jotkin havainnot vain täysin satunnaisia.

3.3 Työntekijöiden haastattelut ja keskustelut

Työntekijöille tehty haastattelukysymykset kohdistettiin kahdelle eri ryhmälle. Kirvesmiehille eli elementtimuottien tekijöille ja valumiehille, jotka vastaavat pinnan laadusta. Haastattelut suoritettiin kolmen hengen ryhmissä, jotta saadaan paremmin keskustelua aikaiseksi sekä vastaukset täydentävät toisiaan paremmin. Ryhmähaastattelut rentouttavat myös ilmapiiriä, eikä kenenkään haastateltavan tarvitse varoa sanomisiaan.

3.3.1 Kirvesmiesten haastattelut

Kirvesmiehille esitettiin heidän työhönsä liittyviä kysymyksiä. Kysymykset on laadittu kirjattujen asiakaspalautteiden, reklamaatioiden ja tuotantohallissa tehtyjen havaintojen perusteella.

Lista kirvesmiehille esitettävistä kysymyksistä ja keskustelun aloitusaiheista:

- Kuinka tarkasti pyrit noudattamaan suunnitelmissa annettuja mittoja?
- Onko mielestänne tärkeää noudattaa suunnitelmissa annettuja betonipeitepak-suuksia?
- Kuinka tarkasti luet piirustuksen leikkaussuunnat ja detaljit, kun työmaa vaihtuu? Entä siinä tilanteessa, kun teet pidempiä sarjoja samaa elementtiä?
- Miten toimit, kun havaitset mahdollisen laatupoikkeaman tekemässäsi betonielementissä?
- Otatko palautetta vastaan tekemistäsi virheistä vai jatkatko samaan vanhaan malliin, vaikka virheitä tulisikin?
- Onko tarkastuskortista ja sen täyttämisestä hyötyä?
- Kuinka tarkasti täytät tarkastuskortin?
- Mittaatko kirjoittamasi mitat elementistä vai kopioitko ne suoraan suunnitelmista omaan paperiisi?

- Miksi teidän mielestänne tarkastuskorttia käytetään ja onko siitä mitään hyötyä elementtien laadunvalvonnassa?
- Olisitteko valmiita täyttämään tarkastuskorttiin myös sähköasennusten paikat ja muut elementtiin asennettavat varusteet, kuten esimerkiksi tartunnat ja kiinnitystapit?
- Varmistatteko jotenkin, etteivät sähköasennukset liiku tai täyty betonilla elementtiä valettaessa?

Kysymykset on tarkoitettu keskustelun aloittamiseksi kysyttävästä aiheesta ja haastattelutavan ryhmän toivotaan jatkavan keskustelua aiheesta syvemmin. Mikäli keskustelua ei synny, niin haastattelijan on reagoitava tilanteeseen ja luotava esimerkkejä keskustelun avaamiseksi.

3.3.2 Valumiesten haastattelut

Valumiehille esitettiin heidän työhönsä liittyviä kysymyksiä. Kysymykset on laadittu kirjattujen asiakaspalautteiden, reklamaatioiden ja tuotantohallissa tehtyjen havaintojen perusteella.

Valumiehet vastaavat pääosin elementtien eristyksistä ja pinnan laadusta, joten kysymysten aihealueet keskitetään kyseisiin työvaiheisiin.

Lista valumiehille esitettävistä kysymyksistä ja keskustelun aloitusaiheista:

- Mikä on teidän motiivinne tehdä laadukasta työtä? (ammattilypeys)
- Miten toimit, jos huomaat laatuvirheen esimerkiksi pintojen teossa tai sähköasennuksissa? Entä, jos kyseinen kädenjälki on toisen eikä sinun itsesi tekemää?
- Miten pidätte sähköasennukset paikoillaan ja huolehditte siitä, ettei betonia pääse sähköputkiin?
- Miten toimit jos epäilet betonia menneen sähköputkien tai rasioiden sisälle? Voiko asiaa edes huomata?
- Onko mielestäsi tärkeää, että sähköosat ovat tasan tarkkaan pinnan kanssa samassa tasossa ja suorassa? Onko mielestäsi asennuksissa pelivaraa?
- Miten varmistatte isojen pintojen suoruuden ja oikean elementin paksuuden? Onko mahdollista käyttää jotain työkalua siihen? Onko sellaisia käytettävissä tai saatavilla?

Kysymykset on tarkoitettu keskustelun aloittamiseksi kysyttävästä aiheesta ja haastattelutavan ryhmän toivotaan jatkavan keskustelua aiheesta syvemmin. Mikäli keskustelua ei synny, niin haastattelijan on reagoitava tilanteeseen ja luotava esimerkkejä keskustelun avaamiseksi.

3.4 Johtoryhmän haastattelu ja keskustelu

Johtoryhmälle esitettävät kysymykset perustuivat työmaalta tullessiin ja kirjattuihin palautteisiin, reklamaatioihin ja tuotantohallissa tehtyihin havainnointikäynteihin ja niiden perusteella tehtyihin muistiinpanoihin. Porin Elementtitehtaan johtoryhmään kuuluu toimitusjohtaja, laatuinsinööri sekä logistiikkapäällikkö.

Lista johtoryhmälle esitettävistä kysymyksistä ja keskustelun aihealueista:

- Mitä teidän mielestänne on laatu?
- Millainen on laadukas betonielementti?
- Toimiiko nykyinen laadunvalvonta? (miksi ei toimi?)
- Kenellä on suurin vastuu yksittäisen elementin laadukkaasta valmistuksesta?
- Ketä varten laadunvalvontaa suoritetaan tällä hetkellä?
- Ovatko laatukustannukset tällä hetkellä kohtuullisella tasolla?
- Onko asialle yritetty tehdä mitään ennen tämän tutkimuksen aloittamista?
- Miltä betonielementtien valmistuksen osa-alueelta tulee tällä hetkellä eniten reklamaatioita työmailta/asiakkailta?

Kysymykset on luotu keskustelun aloittamiseksi kyseisestä aiheesta. Kysymykset käydään läpi johtoryhmän kokouksessa ja haastattelijan tavoitteena on saada kattava keskustelu jokaisesta aiheesta, sekä tehdä muistiinpanot keskustelujen pääkohdista.

4 BETONIN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA

Betonin valmistuksen laadunvalvontaa suoritetaan betonin raaka-aineista, betonimassasta sekä kovettuneesta betonista. Betonin laadunvalvontaa suorittaa pääasiassa elementtitehtaan betonilaborantti, joka työskentelee myös myllärinä.

4.1 Kiviainesten laadunvalvonta

Betonimassassa käytettävän kiviaineksen vaatimustenmukaisuus tulee elementtitehtaalla esittää kahdella eri tavalla. Alkutestauksella, jolla varmistetaan kiviaineksen soveltuvuus betonimassaan ja tuotannonaikaisella laadunvalvonnalla, jolla varmistetaan tuotteen laadutaso koko valmistusprosessin ajan (BY 43 2009). Käytännössä elementtitehdas luottaa täysin kiviainestoimittajan tekemiin kokeisiin ja heidän toimittamiin dokumentteihin. Mikäli selviä poikkeamia havaitaan, voidaan aloittaa testit ulkopuolisessa koetuslaitoksessa.

4.1.1 Kiviainesten testaaminen

Alkutestauksessa määritetään ja varmistetaan kiviaineksen soveltuvuus käyttötarkoitukseen ja, että sen ominaisuudet ovat käyttötarkoituksen edellyttämät. Kiviaineksesta testataan myös radioaktiivisuus sekä muut mahdolliset käyttökohteeseen soveltumattomat haitalliset aineet (BY 43 2009). Alkutestaus tulee suorittaa, jos kiviaineksen ottopaikka vaihtuu uuteen eikä toimittajalla ole mittauksia sieltä tai raaka-aineessa tai tuotannon prosessissa tapahtuu niin merkittävä muutos, että sillä on vaikutusta kiviaineksen ominaisuuksiin. Alkutestauksen tuloksia käytetään tuotannon aikaisen kiviaineksen laadunvalvonnan lähtökohtana. Elementtitehtaalla itsellä ei ole kokeita mahdollistavaa laitteistoa, joten, jos kokeille on tarvetta, niin on turvauduttava ulkopuoliseen testauslaitokseen.

Elementtitehtaan tulee vaatia kiviainestoimittajaa suorittamaan jatkuvaa dokumentoitua laadunvalvontaa tuotannon yhteydessä, jotta kiviaineksen riittävä vaatimustenmukaisuus saadaan varmistettua. Kiviainesten laadunvalvontadokumentit ovat erittäin hankalaa valvottavaa, koska kiviaineksia saatetaan säilöä läjitettyinä pitkiäkin aikoja, joten seulontatulokset saattavat olla kuukausiakin vanhoja. Mikäli kiviainesten tuotannonaikaisissa laadunvalvontakokeissa havaitaan poikkeama, tulee näytteenottotaajuus kaksinkertaistaa. Kaksinkertainen näytteenottotaajuus tulee ottaa poikkeamatapauksessa myös silloin kun näytteenottotiheyttä on jo ennestään nostettu (BY 43 2009, s. 36.). Normaaliin näytteenottotaajuuteen on mahdollista palata vasta kun tuotteen laadun voidaan todeta olevan riittävällä tasolla.

Kiviainesten vastaanoton yhteydessä betonilaborantin tulee tarkastaa kuorman mukana tulevasta kuormakirjasta vähintään seuraavat asiat:

- tuotteen toimittaja

- kiviaineksen ottopaikka ja mahdollinen varastointipaikka
- kiviaineksen tyyppi ja kiviaineksen nimi
- toimituserän määrä (massa tai tilavuus)
- toimituspäivämäärä ja kuormakirjan numero.

Pääosin kuormakirjat ovat olleet asianmukaisia, yhtä toimittajaa lukuun ottamatta, jolta jouduimme erikseen vaatimaan CE-todistusta, koska elementtitehtaalle ei saa vastaanottaa tuotteita, jotka eivät ole CE-merkittyjä.

4.1.2 Kiviainesten valmistus varastointi, kuormaus ja kuljetuskalusto

Kiviaineksen varastoimisessa ja valmistamisprosessissa on käytettävä sellaisia menetelmiä, ettei kiviaines pääse erottumaan tai likaantumaan. Kiviainekset eivät saa sekoittua keskenään varastossa, eikä niiden pidä sekoittua maaperän kanssa, jos niitä varastoidaan luonnonpohjaisessa varastossa (BY 43 2009, s.46.). Varastoalueen tulee olla niin suuri, että eri kivilajit voidaan helposti varastoida omiin kasoihin. Kiviaineksen tasalaatuisuus varmistetaan, jos varastointipaikkaan tehdään erillinen myyntikasa. Betonielementtitehtaan on lähes mahdoton valvoa kiviainestoimittajien varastointi tai lajittelutapoja, joten tulee ainoastaan luottaa toimittajien oman laadunvalvonnan toimivuuteen ja vaadittujen asioiden toteuttamiseen.

Kuljetus ja kuormauskaluston puhtaus on erittäin tärkeää, kun kiviainesta kuljetetaan elementtitehtaalle. Elementtitehtaan tulee varmistaa, ettei kuljetuskalustolla ole kuljetettu sokeri, lannoitteita, suolaa, multaa tai hiiltä, koska kyseiset aineet vaikuttavat haitallisesti betoniin jo pieninäkin määrinä. Porin Elementtitehtaalla on erikseen ohjeistettu käyttämiään kuljetusliikkeitä pitämään kalustonsa kuljetukseen sopivana, erityisesti syksyllä, jolloin sokerijuurikkaan kuljetukseen käytetään paljon samaa kalustoa kuin elementtitehtaalle tuotaviin kiviaineksiin. Jos kuljetuskalustolla on kuitenkin kuljetettu edellä mainittuja aineita, tulee kuljetuskalusto pestä huolellisesti.

4.2 Betonimassan laadunvalvonta

Betonilaborantti suorittaa elementtitehtaalla kahdenlaista laadunvalvontaa betonimassan suhteen. Betonimassasta tehdään laadunvalvontakokeita tuoreesta betonimassasta sekä kovettuneesta betonimassasta (SFS-käsikirja 156 2005). Betonimassan perustana ovat laadukkaat raaka-aineet, joita yhdistelemällä pystytään valmistamaan laadukasta betonia.

Laadunvalvonnan tulee pystyä havainnoimaan merkittäviksi laskettavat ominaisuuksien muutokset osa-aineiden, laitteiden, betonin vaatimusten ja valmistusmenetelmien määrittelyjen suhteen sekä ryhdyttävä korjaaviin toimenpiteisiin välittömästi havainnon tehdessään. Osa-aineiden laaduntarkastus- ja testausmenetelmien vaatimukset ja määritelmät löytyvät taulukosta 4.1 ja laadunvalvonnan tulee suorittaa vähimmäisvaatimuksena kyseiset tarkastukset ja testaukset.

Taulukko 4.1 betonimassan osa-aineiden valvonta (BY 50 2009, s.138-139.)

Osa-aine	Tarkastus/testaus	Testauksen tarkoitus	Vähimmäismäärät
Sementit	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimituserä
Kiviainekset	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimituserä
	Kiviaineksen tarkastus ennen purkamista	Verrata ulkonäköä rakeisuuden, rae-muodon ja epäpuh-tauksien osalta normaaliin	Toimitusolosuhteiden perusteella
	Epäpuhtauksien testaus	Arvioida epäpuh-tautta aiheuttavat aineet ja niiden määrä	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi.
Kevyiden tai raskaiden kiviainesten lisävalvonta	Vedenimeytymisen testaus EN 1097-3 mukaisesti	Mitata irtotiheys	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi.
Betonin lisäaineet	Kuormakirjan ja etiketin tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi	Jokainen toimituserä
Irtotavara- rana jauhe- muo- dossa olevat seos- aineet	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimituserä ja määräajoin betonin valmistuksen aikana
	Lentotuhkan hehkutushäviön määrittäminen	Tunnistaa hiilipitoisuuden muutokset	Jokainen toimituserä, jota käytetään huokosilmaa sisältävään betoniin, jos toimittaja ei ole antanut ko. tietoja
Lisäaineet suspension	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkuperältään oikeaksi	Jokainen toimituserä

Taulukossa olevat laaduntarkastusmenetelmät perustuvat siihen oletukseen, että osa-aineiden valmistajalla on omalla tuotantopaikallaan riittävä laadunvalvonta, jonka lisäksi osa-aineiden mukana toimitetaan aina vaatimustenmukaisuustodistus. Jos vaatimustenmukaisuustodistuksia ei ole saatavilla on suositeltavaa, että betonin valmistaja tarkistaa osa-aineiden standardienmukaisuuden. Betonimyllärin kokeita helpottavat erisilliset elektroniset mittausrakenteet, joilla pystytään helposti määrittämään esimerkiksi kiviainesten kosteuspitoisuudet, joten kuivatustestiä ei tarvitse tehdä. Betonin ominaisuuksien valvonnan vaatimukset on esitetty taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2 Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonta (BY 50 2009, s. 140-141.)

Betonin ominaisuudet	Alkutestaus	Koostumuksella saavutetaan määritellyn mukaiset ominaisuudet	Ennen uuden betonikoostumuksen käyttöönottoa
Kiviainesten vesimäärä	Kuivaustesti tai vastaava	Määrittää kiviaineksen kuivapaino	Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen
Betonimassan vesimäärä	Lisätyn veden määrän tarkistus	Saada tietoja vesiseimentisuhteen määrittäystä varten	Jokaisesta annoksesta
Notkeus	Silmämääräinen tarkastus	Verrata normaaliin ulkonäköön	Jokaisesta annoksesta
Betonimassan tiheys	EN 12350-6 mukainen tiheyden määrittäminen	Kontrolloida betonin tiheyden määrittäminen valvontaa	Päivittäin
Betonimassan sementtimäärä	Annostellun sementin määrän tarkistaminen	Tarkistaa sementtimäärä	Jokaisesta annoksesta
Betonimassan vesi-sementti-suhde	Laskemalla tai testaamalla	Arvioida, onko määritetty vesi-sementti-suhde saavutettu	Päivittäin, jos määritetty
Betonimassan ilmamäärä, jos se on määritetty	EN 12350-7 mukainen testaus	Arvioida, onko määritetty huokosilma saavutettu	BY 50 liitteen 5 mukaisesti
Betonimassan lämpötila	Lämpötilan mittaminen	Arvioida, onko saavutettu alin sallittu lämpötila 5 °C tai määritetty raja-arvo	Ei tarvetta määrittelylle, jos valetaan lämpimässä hallissa

Jos suunnitelmissa on esitetty betonille erityisvaatimuksia, tulee laadunvalvontaa lisätä taulukoiden 4.1 ja 4.2 toimenpiteiden lisäksi sopivat toimenpiteet laadun varmistamiseksi. Taulukot 4.1 ja 4.2 löytyvät kokonaisuudessaan liitteistä.

Taulukko 4.3 Kovettuneesta betonista otettavat kokeet

Testaus	Tarkastus/testaus	Tarkoitus	Vähimmäistiheys
Kovettuneen betonin tiheys	EN 12390-7 mukainen testaus	Arvioida, onko vaadittu tiheys saavutettu	Yhtä usein kuin puristuslujuuden määrittäminen
Puristuslujuuden määrittäminen koe-kappaleista	EN 12390-3: 1999 mukainen testaus	Arvioida, onko vaadittu lujuus saavutettu	Silloin kun puristuslujuus on määritetty

Taulukossa 4.3 on esitetty kovettuneelle betonille tehtävät kokeet elementtitehtaalla.

4.2.1 Tuoreen betonin testaus

Näytteenotto tapahtuu joko yhdistettynä tai yksittäisnäytteenä. Yhdistetty näyte otetaan eri puolilta betonimassaa ja sekoitetaan hyvin keskenään, kun taas yksittäisnäyte on yhdestä kohdasta betonimassaa otettu näyte. Näytteen otto tapahtuu kauhalla, jolla betonimassa siirretään yhteen tai useampaan näytteenottoastiaan. Betonilaborantti suorittaa elementtitehtaalla tuoreen betonimassan laadunvalvontaa painuman, tiheyden ja ilmamäärän suhteen käytettävässä betonimassassa.

Painumakoe tehdään 300mm korkealla pyöreällä suppilolla, jonka pohjan halkaisija on 200mm ja yläosan 100mm (SFS-käsikirja 156 2005). Suppilo asetetaan maahan ja täytetään betonilla 3 eri osassa, sulloen 16mm metallisauvalla betoni tiiviiksi suppiloon. Kun muotti on täynnä betonia, tulee suppilo nostaa ylös ja mitata betonipatsaan painuma millimetrin tarkkuudella. Betonilaborantti tekee mittaustulosten perusteella painumakokeen testiraportin.

Tiheyden määrittäminen tehdään vesitiiviissä, vähintään 5 litran kokoisessa astiassa. Betonimassa tiivistetään astiaan, punnitaan astian ja betonimassan yhteispaino ja mitataan astian tilavuus. Astian painon tiedettyämme, pystymme laskemaan betonimassan tiheyden. Astiana voi käyttää esimerkiksi ilmamääräkokeissa käytettävää metallista paineastiaa. Betonilaborantti tekee ilmamäärämittauksen päivittäin käytettävästä betonimassasta ja seuraa betonimassan laatua ilmamäärän suhteen.

Betonimassan ilmamäärä voidaan mitata siihen tarkoitettulla kaksi kertaa vuodessa kalibroidulla paineastialla. Paineastia täytetään betonimassalla, joka tiivistetään normaaliin tapaan astiaan. Paineastian kansi laitetaan kiinni ja venttiileistä laitetaan hapetonta seisotettua vettä sisään, jotta saadaan ylimääräinen ilma astiasta pois. Suoritetaan koe

käytettävän laitteen ohjeiden mukaisesti, jolloin paineastiassa oleva mittari näyttää betonimassassa olevan ilmamäärän. Betonilaborantti tekee mittausraportin ilmamääräkoekkeesta ja seuraa tuloksia, koska betonimassan ilmamäärä on yksi tärkeimmistä pakkasenkestävyyden laadunvarmistustavoista.

4.2.2 Kovettuneen betonin testaaminen

Säilyvyydestit kovettuneelle betonille on tehtävä hyväksytyssä koetuslaitoksessa (BY 50 2009). Valmistajan on mahdollista tehdä betonin lujuuskokeet itse, kuitenkin vuosittain on tehtävä puristuslujuuden testauksen tasotarkastus hyväksytyssä koetuslaitoksessa.

Kovettuneen betonin laadunvalvontaan valmistettavat koekuutiot tehdään kappaleessa 4.2.4 esitetyillä standardinmukaisilla koekappalemuoteilla. Tuore betoni otetaan kohdassa 4.2.1 esitetyn tavan mukaisesti betonisekoittimesta, laitetaan koekappalemuottiin ja tiivistetään asianmukaisesti.

Porin elementtitehtaalla betonimylläri ottaa koekappaleihin käytettävän betonin suoraan sekoittimesta. Koekappaletta säilytetään muotissa vähintään 16 tuntia, jonka jälkeen merkinnällä yksilöity koekuutio laitetaan veteen tai kosteushuoneeseen. Käytännössä koekappale puretaan muotista seuraavana työpäivänä. Veden tai kosteushuoneen lämpötilan tulee olla 20 °C. Betonilaborantin on kuitenkin helpompi laittaa kuutiot veteen, koska lämpötilaa ja kosteutta on helppo valvoa. Koekuutioon merkitään selvästi valmistuspäivä ja muut tarpeelliset tiedot esimerkiksi vahaliidulla.

Koekappaletta kuormitetaan tasaisesti lisääntyvällä voimalla sen murtumiseen asti. Koekappale on ennen puristuskoneeseen asettamista putsattu ylimääräisistä betonijäämistä ja kulmat on hiottu hiomakivellä tasaisiksi. Muuten puristustuloksesta tulee virheellinen, koska koneen voima ei jakaudu tasaisesti kuutiolle. Puristuskoneen toimintaa ja vaatimuksia esitellään tarkemmin luvussa 3.2.6. Kuution murtumisen jälkeen betonilaborantti saa puristuskoneesta tulosteen, jonka perusteella hän tekee puristuskoe raportin. Puristuskokeita seurataan Betoniyhdistys ry:n Betoniperhe ohjelmalla, johon syötetään betonikoekuutioiden puristuslujuudet testin jälkeen. Betonilaborantti tutkii myös koekuution murtotapaa ja merkitsee sen raporttiin. Betonin puristuslujuuden testaus ja seuraaminen on yksi tärkeimmistä elementtitehtaan laadunvalvonnan osista.

Elementtitehtaalla tehdään koekuutioille myös taivutuslujuus- ja halkaisuvetojuuskokeita varten. Elementtitehtaalla ei ole mahdollisia testauslaitteita kyseisiä kokeiden suorittamista varten, joten kokeet suoritetaan hyväksytyssä koetuslaitoksessa. Kyseisiä kokeita ei tarvitse suorittaa kuin kerran vuodessa, joten oman laitteiston hankkiminen kokeiden suorittamiseksi ei ole höydyllistä.

Vedenpitäväksi tarkoitetun betonilaadun vedenpitävyys testataan ennakkokokeilla kahdella heikoimmalla betonilaadulla, jotka on tarkoitettu vedenpitäviksi. Testattaviksi tulee valita pienimmän sideainemäärän ja heikoimman lujuusluokan betonilaadut, mitä tehtaan valikoimasta löytyy (BY 50 2009, s.137.). Koe tehdään vuosittain ja siihen käytetään laadunvalvontakoekappaletta. Jos SFS-EN 12390-8 standardin mukaan tehdyn kokeen paineellisen veden tunkeutumasyvyys betoniin on enintään 100mm, voidaan be-

toni laskea vedenpitäväksi. Mikäli ennakkokokeissa koekappale ei täytä vedenpitävyysvaatimuksia, tulee betonin koostumusta muuttaa ja vedenpitävyyskoe tulee uusiksi. Jokaisen kokeessa testatun kappaleen tulee täyttää vedenpitävyys vaatimukset.

4.2.3 Puristuslujuuden testauslaitteisto

Standardin SFS-EN 12390-4 mukaan testauskoneiden oikean toiminnan tarkastus sisältää levyjen tasomaisuuden, kuormitusnopeuden säädön, voiman välityksen ja voiman näytön tarkkuuden kalibroinnin. Kyseisessä Standardissa on myös esitetty vaatimuksia kuormituslevyjen kovuudelle ja pinnan karheudelle (BY 50 2009). Hyväksytyn testauslaboratorion koneen on oltava luokkaa 1 ja muun testauslaboratorion koneen oltava vähintään luokkaa 2. Porin elementtitehtaan puristuslujuustestauslaitteisto on luokkaa 1, joten tulokset voidaan olettaa erittäin tarkkoiksi.

Puristuslujuuden testauskone tulee kalibroida vähintään kerran vuodessa, aina kun konetta siirretään tai sen komponentteihin tehdään muutoksia, joiden voidaan olettaa vaikuttavan koneen antamiin tuloksiin. Testauskoneen kalibroinnissa tarkistetaan seuraavat asiat (SFS-käsikirja 156 2005, s. 102.):

- voiman näytön tarkkuus
- voiman välitys ja vakaus
- levyjen tasaisuus
- kuormitusnopeuden säätö

4.2.4 Koekappalemuotit

Betonin valmistajalla on mahdollisuus käyttää kalibroituja tai kalibroimattomia koekappalemuotteja. Jos betonin valmistaja päättää käyttää kalibroimattomia muotteja, tulee tämän määrittää koekappaleista perusmittojen lisäksi myös kappaleen suorakulmaisuus ja tasomaisuus. Vaatimukset voivat vaihdella myös muottityypeittäin. Muotin myyjän on esitettävä jokaisesta uudesta muotista muottikohtainen kalibrointitodistus. Jokaisella laboratoriossa käytössä olevalla koekappalemuotilla tulee olla voimassa oleva kalibrointitodistus.

Muotin kalibroinnin voi tehdä joko betonin valmistaja itse tai muotin voi lähettää kalibroitavaksi hyväksytyyn koetuslaitokseen (BY 50 2009). Kalibrointi kuitenkin edellyttää muottikohtaista dokumentointia ja jäljitettäviä mittausvälineitä, joita ei kaikilta elementtitehtailta löydy. Kalibroidun koekappalemuotin tunniste liitetään aina osaksi betonikoekappaleen tunnusta. Muotit tulee kalibroida vähintään vuoden välein, mutta mikäli kalibrointijakson aikana havaitaan poikkeamia muotilla tehdyissä koekappaleissa, täytyy muotin kunto tarkastaa ja kalibrointi suorittaa uudelleen. Muotin kalibrointi voidaan suorittaa myös tekemällä mittaukset betonikoekappaleelle, joka on valettu kyseisellä muotilla.

Porin Elementtitehtaalla betonilaborantti suorittaa koekappaleille tarkastusmittauksia säännöllisin väliajoin, vaikka tehtaalla käytetäänkin kalibroituja koekappalemuot-

teja. Mittapoikkeamavaatimus sivumitassa on $\pm 0,25$ % ja tasossa $\pm 0,05$ %. Muovimuotien käyttö kalibroituna muotteina on hyväksyttävää vain silloin, jos niiden käytöstä on saatavilla testaustietoa, joka todistaa niiden pitkäaikaiskestävyyden oleva vastaavaa teräksisiin muotteihin verrattuna.

5 ELEMENTTIEN VALMISTUKSEN LAADUNVALVONTA

Betonielementtien laadunvalvontaan kuuluu asennettavien osien laadunvarmistus, työn-aikainen laadunvarmistus, tarkastusmittaukset ja lopullisen tuotteen oikeellisuuden toteaminen. Jokaiseen betonielementtiin kiinnitetään CE-tunniste, jolla osoitetaan asiakkaalle, että laadunvarmistus on suoritettu asianmukaisella tavalla.

5.1 Vastaanottotarkastukset

Jokainen saapuva toimituserä ja sitä yksilöivä dokumentaatio tarkastetaan. Jos vaatimuksenmukaisuutta ei ole todettu, tuotteita ei saa käyttää. Kaikkien raudoitteiden, mukaan lukien betoniterästen, tulee olla sertifioituja. Jokaisessa raudoitenipussa tulee olla SFS-tai CE-merkki ja jäljitettävissä oleva luvanhaltijan numerotunnus. Kuormia siirtävissä metalliosissa tulee olla varmennettu käyttöseloste ja niiden valmistuksen tulee kuulua laadunvalvontasopimusten piiriin (BY 50 2009, s.158).

Porin Elementtitehdas on valinnut toimittajikseen kohtuullisen suuria kotimaisia yrityksiä, joiden dokumentaatio on havaittu paljon luotettavammaksi kuin pienten yritysten. Kuitenkin saapuvien tavaroiden tarkastukset tehdään samalla tarkkuudella toimittajasta riippumatta. Mikäli tuotteesta ei löydy varmennettua käyttöselostetta, tulee kelpoisuus todeta valmistuspaikkakohtaisten kokeiden perusteella hyväksytyssä koetuslaitoksessa.

Havaintoja tehdessä huomattiin tavaran vastaanottotarkastuksissa pieniä puutteita, jotka joissain tilanteissa saattaisivat mahdollistaa puutteellisesti dokumentoitujen tuotteiden vastaanoton.

Rakennuspaikalla tulee olla tiedot, joiden perusteella kuormansiirtorakenteeksi tarkoitetut metalliosat voidaan todeta tehdyksi laadunvalvontasopimuksen piirissä olevassa tuotantolaitoksessa tai metalliosille on tehty hyväksyttävät kelpoisuuskokeet.

5.2 Työn suorituksen laadunvalvonta

Elementtitehtaalla betonityönjohtaja valvoo elementtien valmistuksen aikana, että muotteista ja elementteihin sisällytettävissä komponenteissa kuten raudoitteissa, betonissa ja metalliosissa noudatetaan tarkasti annettuja mittatarkkuuksia sekä muita annettuja ohjeita. Myös työnaikaisten muistiinpanojen tekemistä tulee valvoa.

Betonimassa laatua valvotaan työnsuorituksen aikana sen käytettävyyden kannalta. Betonimassan tulee olla riittävän notkeaa ja työstettävää hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi, mutta sen pitää myös täyttää kyseiselle massalle asetetut laatuvaatimukset.

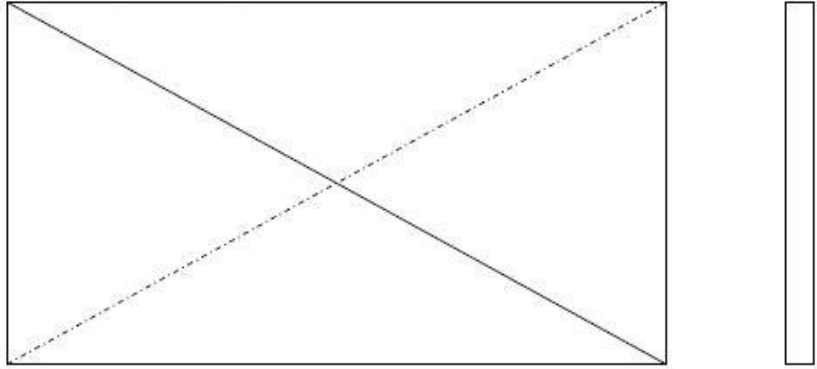
set. Porin Elementtitehtaalla betonimyllärin ja valumiesten välinen kommunikointi havaittiin toimivan erityisen hyvin ja betonimassan työstettävyydestä keskustellaan aina, kun betonimylläri käy hallissa tarkistamassa tilanteen tehtyään betoniannoksen.

Betonimassaan tulee tehdä lämpötilakokeita mikäli valuolosuhteet tai betonimassan lämpötila ovat lähellä raja-arvoa. Elementtitehtaan sisäolosuhteiden ei pitäisi milloinkaan olla lähelläkään betonin kovettumisen alaraja-arvoa, joten sisäilman lämpötilan arviointi riittää betonimassan lämpötilan riittävyyden toteamiseksi.

Elementtien laadunvalvontaa suoritetaan koko elementin valmistuksen ajan. Elementin muotin kokoaja, timpuri, on mukana lähes jokaisessa betonielementin teon vaiheessa. Ensimmäiseksi timpuri kasaa elementtipöydälle muotin, jonka hän öljyää muotin purkamisen helpottamiseksi. Sen jälkeen hän asentaa raudoitteet ja muut mahdolliset komponentit elementtiin ja huolehtii, että ne asennetaan piirustuksien ja standardien mukaisesti. Timpurin tulee huolehtia, että raudoitteiden suojaetäisyydet ovat riittävät elementin pintaan nähden, jotta elementin suunniteltu käyttöikä toteutuu suojabetonin puolesta.

Jokainen timpuri täyttää kuvassa 5.1 esitetyn tarkastuskortin, johon hän kuittaa tehneensä kaikki elementtipiirustuksen mukaiset työt ja asennukset. Tarkastuskorttiin merkitään myös tärkeimmät elementin mitat ja aukkojen koot. Tämän jälkeen valuryhmällä on lupa valaa elementtimuotti täyteen betonilla. Mikäli elementtiin laitetaan pintaasennuksena esimerkiksi kierreankkureita, tulee timpurin huolehtia kyseisten komponenttien asennuksesta.

Porin Elementtitehdas Oy Päivämäärä
ELEMENTIN TARKASTUSKORTTI Kohteen nimi :

Elementin tunnus:	Valupäivä:	Pöytä nro:
Elementin kuvaus ja päämitat. Kuvaan merkitään myös aukot sekä tarkistettut mitat		
		
<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> Mittavirhe	
Tarkastettavat asiat ennen valua ja valutyön aikana (jos kunnossa, rasti ruutuun OK): Tarkastanut _____ Korjannut _____		
Raudoitus ja varustelu	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Muotin mitat ja tuenta	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Eristeet ja ansaat	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Suojaavan betoni-kerroksen varmistus	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Valmis elementti (jos kunnossa, rasti ruutuun OK): Tarkastanut _____ Korjannut _____		
Sisäpinnat	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Ulkopinnat	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Viisteet	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Varaukset	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Tartunnat	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Tunnuslappu	<input type="checkbox"/> OK _____ <input type="checkbox"/> Korjattavaa, mitä _____	
Muita huomioita tai korjattavaa: _____		

Kuva 5.1 Betonielementtien tarkastuskortti (Porin Elementtitehdas Oy:n laatusuunnitelma)

Tarkastuskortit laitetaan kuittauksen jälkeen kansioon, jossa ne odottavat elementin kovettumista ja muotin purkua. Elementti nostetaan elementtipöydältä ylös nosturin avulla ja kuljetetaan elementtienkuljetusvaunuun.

5.3 Valmiiden elementtien laadunvalvonta

Elementtienkuljetusvaunussa laaduntarkastaja tarkastaa jokaisen elementin mittaamalla sen ja kuittaamalla tarkastuskorttiin. Tarkastuskorteista huolimatta elementeissä havaitaan ulkoisia poikkeamia, jotka ovat päässeet laadunvalvonnan läpi. Tarkastuskorttien täyttämässä ja elementtien jälkitarkastuksessa havaittiin lieviä puutteita, joiden takia viallisia elementtejä pääsee työmaalle.

Elementteihin suoritetaan myös suojabetonipaksuuden mittauskokeita pistokoe-tyylishi ja mittaustulokset kirjataan tarkastuskorttiin. Mikäli tarkastaja huomaa elementissä poikkeaman hän toimii kuten kohdassa 6.3 Poikkeamat elementeissä on kerrottu. Tarkastuskortit arkistoidaan toimistoon, josta tarkastusraportit löytyvät ulkoisen poikkeaman tai CE-tarkastuksen niitä vaatiessa.

5.4 1-Luokan rakenteiden erityisvaatimukset laadunvalvonnassa

1-Luokan rakenteita valmistavalla betonielementtitehtaalla tulee olla kirjallisesti kuvattu laadunvarmistusjärjestelmä, jolla varmistetaan kapasiteettia pienentävien raudoitteiden ja betonipoikkileikkausten mittapoikkeamien pysyminen sallituissa rajoissa (BY 50 2009, s.133.). Raudoituksen ja muiden mittavirheiden toleranssit on usein merkitty elementti-suunnitelmiin, mutta jos niitä ei ole jostain syystä merkitty, niin käytetään suurimpana sallittuna mittapoikkeamana joko 5mm tai 10mm riippuen onko elementin tehollinen poikkileikkaus alle 200mm vai yli. Ankkurointi-, jatkos- ja tartuntapituudet saavat alittaa maksimissaan 20mm, jos kyseessä on alle 16mm halkaisijaltaan oleva teräs ja 40mm, jos kyseessä on yli 16mm halkaisijaltaan oleva teräs. Pilarin tai seinän akselin maksimikäyryys on 0,3 %.

Havaintoja tehdessä huomattiin, että työntekijät eivät kiinnitä rakenteiden luokkaan mitään huomiota, eivätkä he välttämättä edes tiedä, minkä luokan elementtiä he ovat tekemässä. Erityisvaatimuksia 1-luokan ja muiden luokkien rakenteiden välisiä ohjeistuksia vertailtiin Porin elementtitehtaan työohjeisiin ja laadunvalvontaohjeisiin, josta huomattiin, että kaikki työt pyritään tekemään, kuten ne olisivat 1-luokan rakenteita. Tämä helpottaa ohjeistuksia ja myös parantaa kaikkien tuotteiden laatua.

6 LAADUNVALVONNAN AVULLA HAVAITTAVAT POIKKEAMAT

Laadunvalvonnassa reagoidaan poikkeamiin eri tavoilla riippuen, missä valmistuksen osa-alueella poikkeama havaitaan. Yleisesti pyritään korjaamaan poikkeama mahdollisimman nopeasti. Poikkeamaksi luetaan kaikki sellaiset asiat valmiissa betonielementeissä, betonin valmistuksessa tai betonielementtien valmistuksessa käytettävissä komponenteissa, jotka eivät ole suunnitelmien, määräysten tai ohjeiden mukaisia.

Teollisuuden yritykset ovat asettaneet tavoitteekseen 0-virhetason tai Six sigman, joka salli tuotannossa 3 virhettä miljoonaa tehtyä asiaa kohden. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi jälkeenpäin tehtävä laadunvalvonta ja – tarkastus on lähes kokonaan korvattu virheiden syntymistä ehkäisevillä toimenpiteillä (Lecklin, Laine, 2009). Virheiden välttämistä ei pidä kuitenkaan korostaa liikaa, sillä se voi johtaa passiiviseen tai varovaiseen tekemiseen, jolloin tuotannon tehokkuus laskee merkittävästi. Kannustava ja rohkaiseva ilmapiiri saa ihmiset tekemään laadukasta työtä tehokkaasti. Virheistä tulee oppia organisaation sisällä eikä sama virhe saa toistua montaa kertaa.

6.1 Poikkeamat betonin laadunvalvonnassa

Jos betonin laadunvalvonnassa epäillään betonin puristuslujuutta tai muita ominaisuuksia on järjestettävä kokeita valmiista elementeistä. Elementeistä porataan rakennekoekappaleita satunnaisperiaatetta noudattaen ja kappaleen kokona käytetään usein 100mm kokoista lieriötä. Koekappaleiden vähimmäismäärä yhdessä arvosteluerässä on 3 kappaletta.

Arvosteluerä on hyväksyttävä, mikäli puristuslujuus on 1-luokan rakenteissa vähintään 85 % ja 2-luokan rakenteissa vähintään 80 % betonin nimellislujuuden arvosta. Mikäli tulokset alittavat sallitut poikkeamat, tulee siitä ilmoittaa kaikille asiakkaille ja konsultoida rakennesuunnittelijaa, miten asia voidaan korjata.

Betonin laadunvalvonnassa voi aiheutua poikkeamia myös liian suurten puristustulosten vaihtelujen takia. Vaikka jokainen koekappale täyttääkin vaatimuksen mukaisen puristuslujuuden, voivat liian lujat puristustulokset aiheuttaa poikkeamailmoituksen betoniperhe-ohjelmassa.

6.2 Poikkeamat vastaanotetuissa tavaroissa

Mikäli havaitaan poikkeamia elementteihin käytettävissä aineissa tai osissa, tästä tulee ilmoittaa välittömästi tavarantoimittajalle, eikä kyseisiä tuotteita pidä käyttää elementtien valmistukseen. Poikkeamia elementtitehtaalte tulevissa tavaroissa ja osissa havaitaan do-

kumentoinnin tai sertifikaattimerkintöjen puutteissa. Kuljetuksen aikana tapahtuneet lappujen irtoamiset ovat yleisin syy merkintöjen puutteille, mutta usein tarvittavat dokumentit löytyvät.

Elementtitehtaan periaatteena on valita luotettavat ja laadustaan huolehtivat toimittajat, koska keskinäisen luottamuksen säilyminen on kaupankäynnin kannalta elintärkeää.

6.3 Sisäiset poikkeamat elementeissä

Elementtitehtaan laatujärjestelmän päätavoitteina on vähentää virheiden määrää elementtien teossa ja havaita kaikki poikkeamat jo tehtaalla. Valmiille elementeille suoritetaan tarkastusmittauksia, joiden perusteella pyritään havaitsemaan kaikki poikkeamat. Poikkeaman tullessa esiin elementti merkitään selvästi mustalla tunnistelapulla ja kirjoitetaan lappuun, miten elementti tulee korjata vai onko mahdollisesti tehtävä kokonaan uusi elementti. Mahdollisia poikkeamia elementeissä ovat:

- mittavirheet elementtien ulkomitoissa ja aukkojen mitoissa
- mittavirheet kolojen, tartuntaosien ja elementtikomponenttien sijainnissa
- mittavirheet elementtien raudoituksen suojaetäisyydessä
- elementtipiirustuksen tulkinnasta johtuvat virheet esimerkiksi elementti on tehty peilikuvana.

Mikäli poikkeaman epäillään vaikuttavan elementin rakenteelliseen kantavuuteen tai toimivuuteen, tulee siitä ilmoittaa asiakkaalle sekä rakennesuunnittelijalle ja hyväksyttää hänellä elementtiin mahdollisesti tehtävät muutos- ja korjaustoimenpiteet. Elementtiin voidaan suhteellisen helposti tehdä timanttikorjaus tai – sahalla muutoksia, mikäli elementin raudoituksessa ei ole puutteita. Raudoitteiden lisääminen valmiiseen betonielementtiin on mahdotonta ja aiheuttaa lähes aina uuden elementin valmistuksen. Porin elementtitehtaalla pyritään tekemään kaikki korjaustyöt itse tehtaalla, koska se on paljon kustannustehokkaampaa kuin työmaalla tehdyt korjaukset.

6.4 Ulkoiset poikkeamat elementeissä

Porin Elementtitehtaan laatujärjestelmä pyrkii estämään laatuvirheiden esiintymisen. Kuitenkin laatuvirheitä joskus pääsee syntymään ja syntyneet laatuvirheet pyritään järjestelmällisesti havaitsemaan jo tehtaalla. Kuitenkin jostain syystä elementtejä, jotka eivät ole suunnitelman mukaisia tai eivät muuten täytä laadukkaan elementin tunnusmerkkejä pääsee lähtemään työmaille ja näistä kyseisistä elementeistä tulee reklamaatioita.

Työmaat lähettävät reklamaatiot yleensä sähköpostitse Porin Elementtitehtaalle, jossa laatuinsinööri täyttää kuvassa 3.1 esitetyn poikkeamalomakkeen laadunvalvontajärjestelmään. Laatuinsinööri aloittaa asiakkaan kanssa neuvottelut mahdollisista elementin korjausvaihtoehdoista. Yleisimpiä korjausvaihtoehtoja ovat olleet:

1. työmaan henkilökunta korjaa viallisen elementin työmaalla ja he lähettävät laskun, joka hyvitetään heille
2. työmaan henkilökunta tilaa korjaustyön ulkopuoliselta urakoitsijalta, joka laskuttaa työn suoraan Porin elementtitehtaalta
3. elementti tuodaan takaisin Porin Elementtitehtaalte korjattavaksi ja toimitetaan heti korjauksen jälkeen takaisin työmaalle
4. elementti tuodaan takaisin Porin Elementtitehtaalte ja uuden suunnitelmien mukaisen elementin valmistus aloitetaan välittömästi

Vaihtoehtoista 1 ja 2 ovat kaikkein suosituimpia ja laatu poikkeaman sattuessa pyritään aina siihen, ettei elementtiä kuljeteta takaisin tehtaalte. Takaisin kuljettaminen ja korjaaminen sekä pahimmassa tapauksessa kokonaan uuden elementin valmistaminen ovat kaikkein kalleimpia vaihtoehtoja sekä työmaan, että Porin Elementtitehtaan kannalta. Uuden elementin valmistamisessa menee aina vähintään kolme päivää ennen kuin se saadaan työmaalle toimitettua.

6.5 Auditointien avulla havaittavat poikkeamat prosesseissa

Auditointi on laatu päällikön tai laatu insinöörin suorittama riippumaton ja dokumentoitu prosessi, jossa arvioidaan täyttääkö auditoinnin kohde sille asetetut vaatimukset. Auditointinäyttöä arvioidaan kriittisesti ja selvitetään missä määrin sovitut auditointikriteerit täyttyvät.

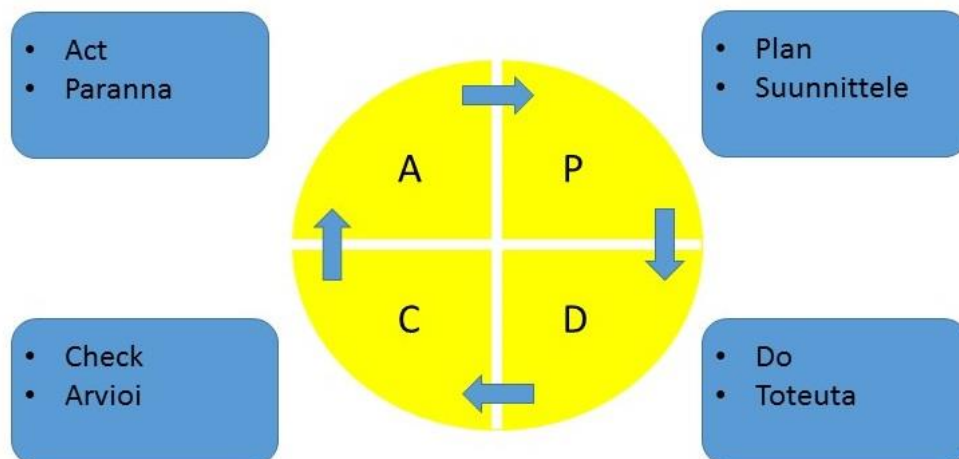
Porin Elementtitehtaalte auditoinnit on jaettu eri osa-alueisiin, jotta auditoinnissa voidaan keskittyä mahdollisimman hyvin vain yhteen betonielementtien tuotantovaiheeseen kerrallaan.

Taulukko 6.1 Porin Elementtitehtaan auditointisuunnitelma (Porin Elementtitehtaan laatusuunnitelma).

Auditointava kohde	Edellinen auditointi	Seuraava auditointi
Betonin valmistus	12.12.2013	12.12.2014
Muotit ja rauditus	19.12.2013	19.12.2014
Eristys ja valu	19.12.2013	19.12.2014
Viimeistely, varastointi, kuljetukset	16.7.2014	16.7.2015
Ostot ja hankinnat	26.6.2014	26.6.2015
Myynti ja markkinointi	30.7.2014	30.7.2015
Taloushallinto	30.7.2014	30.7.2015

Taulukossa 6.1 on esitetty Porin Elementtitehtaan auditointisuunnitelma, josta on havaittavissa, että jokainen auditointi tehdään kerran vuodessa ja dokumentoidaan laadunvalvontajärjestelmään.

Auditointi on ISO 9001 laatujärjestelmän mukainen pakollinen toimenpide laatu-järjestelmän alaisille yrityksille. Auditoinnin idean periaatteena on Edward Demingin PDCA-kehittämismalli. Demingin johtamisympyrää hyödynnetään Porin Elementtiteh-taan Laadunvalvonnan kehittämisen apuvälineenä ja pyritään mallia noudattamalla saa-maan laatupoikkeamien aiheuttamat kustannukset tyydyttävälle tasolle.



Kuva 6.1 Edwards Demingin johtamismalli (Lecklin, Laine, 2009)

Demingin johtamisympyrä perustuu neljään eri toiminnan vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa (Plan), suunnitellaan prosessi. Toinen vaihe on suunnitelmien mukainen toteuttaminen (Do). Kolmannessa vaiheessa kerätään toteutetusta asiasta tietoa ja arvioidaan se (Check). Viimeinen vaihe on kehitetyn prosessin parantaminen (Act) (Lecklin, Laine, 2009). Parantamisvaiheessa käydään arvio-osuudessa havaittuja havaintoja läpi ja pohditaan, miten prosessia voidaan parantaa. Ympyrän neljää vaihetta toistetaan peräkkäin, jolloin saadaan katkeamaton kehittämisen ketju.

7 TUTKIMUSTULOKSET PORIN ELEMENTTITEHTAALTA

Diplomityössä kerättiin aineistoa laatupoikkeamista, laatukustannuksista ja reklamaatioista Porin Elementtitehtaalla noin yhdeksän kuukauden ajalta. Tiedot tallennettiin laadunvalvontajärjestelmään, josta tutkimusjakson päätyttyä aineisto oli helposti saatavilla ja yhteenvedot oli helppo tehdä.

Kerätyn datan perusteella luotiin haastatteluiden kysymykset ja keskustelunaiheet sekä jaettiin työntekijät ja työnjohto sopiviin haastatteluryhmiin. Haastattelukysymyksissä ja keskustelunaiheissa pyrittiin ottamaan huomioon reklamaatioissa ja laatupoikkeamissa havaittuja aiheita ja prosesseja.

Tutkimuksen aikana tehtiin vierailuita tuotantohalliin päivittäin. Vierailuissa pyrittiin havaitsemaan työvaiheiden haasteista johtuvia keskustelujen aiheita haastatteluihin sekä pyrittiin havaitsemaan myös laatupoikkeamia aiheuttavia tekotapoja.

Toimitusvarmuus on Porin Elementtitehtaalla erittäin hyvällä tasolla. Vuoden aikana ei kirjattu yhtään poikkeamaa toimituksien viivästymisestä Porin Elementtitehtaasta johtuvista syistä. Toimituksia hankaloitti suunnitelmien puute, joka pystyttiin kovan työn ja hyvän tuotannonsuunnittelun ratkaisemaan.

Kestävä kehitys on otettava myös huomioon kehitettäessä elementtitehtaan laatua ja laadunvalvontaa. Kestävään kehitykseen sisältyy suurelta osin jätteiden lajittelu. Jätteiden lajittelu ei suoranaisesti paranna elementtitehtaan laatua, mutta sillä pystytään luomaan tuotantotiloihin paremmat olosuhteet laadukkaan työn tekemiseen. Epäsiisteissä tuotantotiloissa on vaikeaa tai jopa mahdotonta tehdä laadukkaita ja viimeistelyjä tuotteita.

7.1 Työmailta tulleet reklamaatiot ja laatukustannukset

Laatupoikkeamia kirjattiin laadunvalvontajärjestelmään joulukuusta 2013 elokuuhun 2014 yhteensä 35kpl. Ulkoisia poikkeamia näistä oli 27 ja sisäisiä 8. Ulkoisten poikkeamien yleisimpiä syitä olivat peilikuvina tehdyt elementit, sähköputket tukossa tai rasiat vinossa, käsin tehdyn pinnan laatu ja elementtien viimeistely. Sisäisten poikkeamien syitä olivat kierreankkureiden ja muiden elementin varusteiden huono asennus tai valun aikainen liikkuminen. Kirjattujen poikkeamien aiheuttamat kustannukset elementtitehtaalte ovat 18 900 euroa. Lisäksi työmailta on tullut ulkopuolisten, alihankkijoina toimineiden, betonipaikkausyritysten tekemistä elementtien viimeistelyistä laskuja yhteensä noin 114 000 euroa. Yhteissummaksi yhdeksän kuukauden tarkastelujaksolla laatukustannuksiksi Porin Elementtitehtaalte tulee yhteensä 132 900 euroa. Laatukustannusten summa on aivan liian suuri Porin Elementtitehtaan liikevaihdon ollessa kyseisellä aikavälillä noin 3,4 miljoonaa euroa.

7.2 Haastattelujen ja keskusteluista havainnot

Haastattelujen kysymykset ja keskusteluiden aloitusaiheet luotiin työmailta tulleiden reklamaatioiden perusteella. Pyrittiin keskittymään niihin työvaiheisiin, joista on eniten tulleet reklamaatioita ja jotka eniten aiheuttavat laatukustannuksia Porin Elementtitehtaalle.

7.2.1 Betonimylläri/betonilaborantti

Betonimyllärin toimintaa tutkittiin Inspectan suorittaman laatutarkastuksen yhteydessä. Betonin laadusta ei ole kirjattu yhtään laatukustannuksia aiheuttavaa poikkeamaa koko tutkimusjakson aikana, joten tutkimuksessa päätettiin keskittyä paremmin niihin työvaiheisiin, joista laatupoikkeamia ja kustannuksia tulee. Elementtitehtaan käyttämässä betoniperhe-ohjelmassa on tullut joitain poikkeamia viime vuosien aikana. Poikkeamat ovat kuitenkin aina johtuneet liian vahvoista tuloksista betonin puristuskokeissa, jotka aiheuttavat betoniperhe-ohjelmassa poikkeaman. Erikoista on, että liian lujasta betonista voi tulla poikkeama, vaikka se myös osoittaa betonin tuotannon laadullisista epätasaisuuksista. Yleisellä tasolla betonimyllärin toiminta on sekä käytännössä, että dokumenttien osalta ensiluokkaista ja parantamisen varaa ei löydetty.

7.2.2 Valumiehet

Haastattelut osoittivat, että työntekijöillä on ammattitaitoa eli huonoa laatua ei tehdä tarkoituksenmukaisesti ja omasta mielestään heidän ammattitaitonsa riittää laadukkaan tuotteen valmistukseen. He myös pyrkivät aina hyvään lopputulokseen, omat sekä toisten virheet pyritään aina korjaamaan. Jos valumiehet huomaavat sähkö- tai muiden osien liikumista valamisen yhteydessä, he pyrkivät aina korjaamaan virheen. Betonipinnan korkeuden huomaa kokemuksen myötä pelkän silmän avulla, mutta myös erilaiset apuvälineet, kuten esimerkiksi tikku, jolla pystyy varmistamaan isojen pintojen oikean koron, ovat erittäin tervetulleita.

Kehittämisen aiheiksi valumiehet sanovat yhteishengen. Kommunikaatio kirvesmiesten kesken on hyvällä tasolla, mutta valumiesten keskinen kommunikointi vaatii hiekan kehittämistä. Valumiesten mukaan myös kiire vaikuttaa heidän tekemäänsä jälkeen negatiivisesti.

7.2.3 Kirvesmiehet

Kirvesmiehet pyrkivät noudattamaan suunnitelmissa annettuja mittoja millin tarkkuudella. S-pistekolot ja harjaterästäpit voidaan laittaa kahden sentin toleranssilla, mikäli elementin aukotukset sitä vaativat. Betonipeitteen paksuus katsotaan silmämääräisesti oikeaksi ja harvoin tehdään tarkastusmittauksia kirvesmiesten toimesta. Betonipeitepaksuutta ei pidetä tärkeänä asiana kuin parveke-elementeissä. Työkohteen vaihtuessa ei aina tarkasteta leikkaussuuntia elementtikuvasta, vaan aloitetaan muotin rakennus suoraan piirustuksesta lukien. Sarjoja tehdessä kirvesmiehet voivat käyttää elementtipetiin jääneitä valujälkiä mittaamisen sijasta, jolloin sarjasta saattaa tulla kokonaan virheellisiä.

Työntekijät pyrkivät korjaamaan tekemänsä virheet heti huomattuaan ja he ovat valmiita kaivamaan betonin pois muotista lapiolla varmistaakseen elementin suunnitelmien mukaisen valmistuksen.

Palautteen ottaminen vastaan ja palautteen antaminen esimerkiksi valumiehille on vaikeaa ja pelätään palautteeseen reagoimista. Keskustelut jäävät vähäisiksi ja joskus se saattaa vaikuttaa betonielementin laadulliseen lopputulokseen. Työntekijöiden välinen palautteen antaminen koetaan sarkastisena eikä siihen osata suhtautua asian vaatimalla vakavuudella. Työntekijät jatkavat samaan malliin eivätkä kaikki edes myönnä tehneensä virhettä.

Elementtien tarkastuskorttia ei pidetä hyödyllisenä välineenä elementtien laadunvalvonnassa. Tarkastuskortti täytetään suoraan elementtisuunnitelmasta eikä elementin mittoja tarkisteta oikeasti. Kirvesmiesten mielestä tarkastuskortti on aivan turha, koska elementtien jälkitarkastaja ei, kirvesmiesten mukaan, tarkasta elementtejä, vaan merkitsee kaikki elementit hyväksytyiksi. Kirvesmiehet ovat erittäin valmiita panostamaan tarkastuskorttiin, mikäli he kokisivat jälkitarkastajan panostavan asiaan yhtä paljon.

Osa kirvesmiehistä varmistaa sähköasennusten paikallaanpysymisen erilaisilla sidonta- ja teippausmenetelmillä. Toiset taas luottavat sähköosiin, niin ettei niitä tarvitse erikseen kiinnittää elementin raudoitukseen tai muihin osiin.

7.2.4 Johtoryhmä

Johtoryhmän haastattelu suoritettiin osana johtoryhmän kokousta ja keskustelusta saatiin todella paljon tietoa koskien Porin Elementtitehtaan laadun tilannetta ja suhtautumista asiaan. Porin Elementtitehtaan johtoryhmän mielestä laadukas betonielementti on elementtisuunnitelman mukainen ja hyvin viimeistelty. Pelkästään toleranssien rajojen sisällä pysyminen ei riitä, vaan elementin pitää olla mahdollisimman tarkasti tehty.

Laatu on Porin Elementtitehtaan heti toimitusaikataulussa pysymisen jälkeen tärkein asia, mutta tämänhetkiset resurssit eivät kunnolla riitä tarpeeksi suureen panostukseen laatuasioissa. Laatuun tulee panostaa paljon, jotta pysytään kilpailukykyisenä vaikeassa markkinatilanteessa.

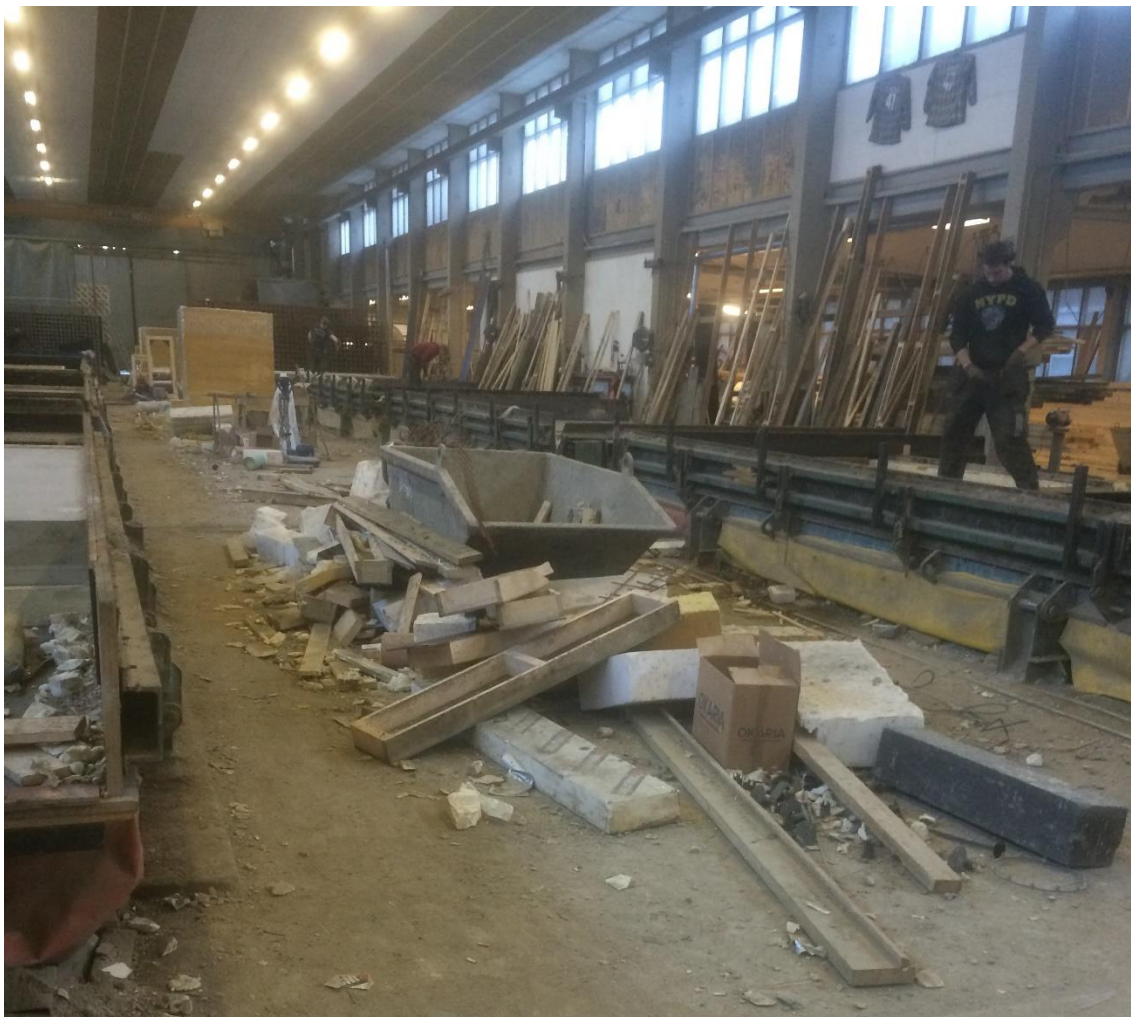
Johtoryhmän mielestä nykyinen laadunvalvonta ei toimi ja sitä suoritetaan ainoastaan Inspectaa ja asiakkaiden vaatimia dokumentteja varten. Tarkastuskorttikäytäntöä ei ole sisäistetty ja sen käyttö koetaan lähes turhaksi. Elementtien jälkitarkastajan ammattitaitoa sekä motivaatiota työn tekemistä kohtaan pidetään kyseenalaisena.

Laatukustannukset eivät ole kohtuullisella tasolla ja ne ovat yksi syy tämän diplomityön tilaamiseksi. Laatukustannukset ovat vuosi vuodelta vain kasvaneet, eikä ongelmaan ole vielä löytynyt ratkaisua.

Suurimpia syitä reklamaatioihin ovat käsintehtyjen pintojen epätasaisuudet, sähköputkien ja sähkörasioiden tukkeutuminen ja liikkuminen sekä elementtien viimeistelyyn liittyvät s-pistekolojen puhdistaminen ja varauskolojen tyhjentäminen. Elementteihin kiinnitettävien tunnuslappujen irtoaminen on aiheuttanut työmaille lisätöitä, joiden johdosta on tehty reklamaatioita Porin Elementtitehtaan.

7.3 Havainnot tuotantotiloista

Elementtihalliin tehtiin kymmeniä tutkimuskäyntejä, joissa pyrittiin havaitsemaan mahdollisia puutteita työtiloissa tai – tavoissa. Elementtien tuotantotilojen sekä välivaraston siisteys havaittiin jokaisella tutkimuskäynnillä ala-arvoiseksi. Tuotantotiloista löytyy muutamia pienikokoisia roskalavoja, siirreltäviä roskavaunuja sekä yksi iso roskalava, johon pienemmät roska-astia tyhjennetään.



Kuva 7.1 Elementtien tuotantohalli

Pienemmät roska-astiat olivat hyvin usein täynnä, jolloin jätettä alkaa kerääntymään lattialle. Kuva 7.1 on otettu roska-astian tyhjennyksen jälkeen. Hallin käytäville kertyneitä jätteitä ei siirretä lavalle, vaikka roskalava on juuri tyhjennetty. Tuotantohallin käytävät tuntuvat ahtailta ja vaikeakulkuisilta, koska betoni- ja villajätteet ovat jääneet käytäville. Hallissa jätteet lajitellaan ainoastaan teräkset omaan astiaan, suurin osa puujätteestä omalle lavalle ja muut jätteet isolle roskalavalle. Esimerkiksi energiajätettä ei erikseen lajitella millään tasolla. Tuotantohallin epäsiisteyden arvioidaan vaikuttavan laadukkaan tekemiseen ja jopa haittaavan työn tekemistä.



Kuva 7.2 Villojen ja muiden roskien sijoitus hallissa

Kuvasta 7.2 voidaan havaita, miten eristeet ja muut jätteet vain jätetään lojumaan käytäville. Jätteet estävät kulkua ja esimerkiksi käytäville jätetyt teräkset ovat työturvallisuusriski. Tuotantohallin siisteyteen pyritään saamaan ratkaisu suunnittelemalla hallin roskalavojen paikat uudelleen ja tekemällä selkeä pohjapiirros tarvikkeiden säilytyspaikoista hallissa.

8 AINEISTON ANALYSOINTI

Tutkimustulokset eli haastattelut, poikkeamien kirjaaminen sekä havainnot tuotantohallissa analysoidaan tarkasti sekä löytämään ratkaisuja työvaiheiden parantamiseksi. Laatukustannuksissa havaittiin suuria eroja kirjattujen poikkeamien ja alihankkijoiden maksettujen laskujen välillä. Keskusteluissa pyrittiin syventämään kysymyksiä jatkokysymyksillä sekä esitettiin ratkaisuvaihtoehtoja ongelmiin.

8.1 Laatukustannukset

Porin Elementtitehtaan laatukustannukset olivat tarkastelujakson aikana yhteensä 133 900 euroa. Laatujärjestelmään kirjattujen poikkeamien summa oli vain 18 900 euroa ja alihankkijoilta tulleiden laatujärjestelmään kirjaamattomien laskujen summa 114 000 euroa. Ero on todella suuri ja kertoo monestakin asiasta.

Laatujärjestelmään poikkeamien kirjaaminen ei toimi tällä hetkellä sillä tavalla kuin sen kuuluu toimia. Laatujärjestelmään kirjataan vain suoraan työmailta laatuinsinööreille tulleet yksittäiset poikkeamat eikä lainkaan suurempia esimerkiksi huonoista käsintehdyistä elementtien pinnoista tulleita poikkeamia. Porin Elementtitehdas on myös antanut isoimmille asiakkailleen luvan ottaa suoraan yhteyttä elementtejä korjaaviin alihankkijoihin, jotka tekevät työtä työmaan johdolla elementtitehtaan laskuun. Porin Elementtitehtaalle ei kuitenkaan ole tehty tarkkaa selvitystä asiakkaiden puolesta, mitä kaikkea työmailla Porin Elementtitehtaan alihankkijat ovat tehneet. Alihankkijoita on pyritty ohjeistamaan, että vain elementtitehtaalle kuuluvat korjaukset tehdään ja loput työmaa korjaa itse tai ainakin työ laskutetaan heiltä. Mahdollista kuitenkin on, että alihankkijat ovat tehneet myös Porin Elementtitehtaalle kuulumattomia korjaustöitä työmailla. Esimerkkinä käsintehdyistä pinnasta ei mitenkään voi saada muottipinnan kanssa tasavertaista. Kyse on tällöin betonielementin ominaisuudesta, ei viasta tai puutteesta, josta voi tehdä reklamaation.

8.2 Haastattelut ja keskustelut

Haastattelujen ja keskustelujen päällimmäisenä ajatuksena oli saada työntekijät keskustelemaan työvaiheiden ja työnteon keskeisistä ongelmista sekä niihin liittyvistä muutoksista ja kehitysideoista.

8.2.1 Analyysi kirvesmiesten kanssa käydystä keskustelusta

Kirvesmiesten haastattelussa pääpaino sijoittui tarkastuskorttikäytäntöön ja sen hyödyllisyyteen. Kirvesmiehet eivät koe tarkastuskorttien täyttämistä lainkaan tärkeänä tehtävänä, koska jälkitarkastajana toimiva henkilö ei tee hänelle asetettuja työtehtäviä vaan

ainoastaan merkitsee jokaisen elementin tarkastetuksi. Tuotantohallissa on selvästi luotamuspulaa työntekijöiden välillä ja ei tehdä itselle kuuluvia työtehtäviä kunnolla, koska joku toinenkaan ei tee omia työtehtäviään kunnolla. Työntekijöiden pitää luottaa toisiinsa ja toistensa tekemisiin sekä heidän pitää myös pystyä keskustelemaan asiasta, miksei jälkitarkastaja tee työtehtäväänsä kunnolla. Kirvesmiesten kanssa käytiin myös keskustelua tarkastuskortin laajentamisesta siten, että siihen kirjataan myös sähköosien sekä muiden elementtiin asennettavien tarvikkeiden sijainti ja mitat. Ehdotus vaikutti teoriassa erittäin hyvältä ja tarkastajan olisi helpompi havaita kaikki mahdolliset puutteet elementissä. Keskustelussa kuitenkin tuli selväksi, että idea on pakko hylätä, koska tarkastuskortista tulee lähes pelkkää suttua, jos kaikki elementtikuvaan piirretyt tarvikkeet piirretään myös tarkastuskorttiin. Kirvesmiesten mielestä riittää, että he piirtävät laatujärjestelmän vaatimat päämitat ja aukkojen mitat elementistä tarkastuskorttiin ja sähköasennusten sekä muiden lisätarvikkeiden osalta keskitytään niiden oikeaan asentamiseen jatkossa tarkemmin.

8.2.2 Analyysi valumiesten kanssa käydystä keskustelusta

Valumiesten kanssa käydyssä keskustelussa nousi selkeästi esille työntekijöiden välinen yhteistyö ja henkilökemiat. Toisten tekemistä virheistä ei voida puhua eikä työkavereilta oteta neuvoja vastaan. Kaikki eivät tule toimeen keskenään, eivätkä pysty valamaan samaa elementtiä, joten laatu kärsii, koska työ saatetaan tehdä mahdollisimman nopeasti loppuun tai se saattaa jäädä jopa hieman kesken.

Valumiesten kanssa käydyissä keskusteluissa puhuttiin myös paljon kiireestä ja sen aiheuttamasta hutiloinnista. He myönsivät aivan avoimesti, että kiireessä tulee tehtyä tahattomasti huonoa jälkeä tai epäsiistejä pintoja. Myös elementtikuvien lukeminen saat- taa jäädä kiireessä tekemättä ja pinta tehdään edellisen muistikuvan perusteella. Valumiesten työaikoja tulee tarkastella, että tarvitaanko kaikkia valumiehiä heti seitsemältä aamulla hallissa vai onko työaikoja syytä porrastaa? Porrastuksen avulla välttytään ilta- päivällä tulevalta kiireeltä ja pystytään työnjälki pitämään laadukkaana myös iltopäivällä.

Valumiesten kanssa käytiin keskustelua myös mittatikusta, jolla pystytään mittaamaan isojen pintojen keskeltä elementin vahvuus. Isojen pintojen vaikeutena on elementin paksuuden arviointi silmämääräisesti, joten mittatikku olisi erittäin hyvä työkalu valumiehille. Mittatikku voi olla aivan yksinkertainen ohut tikku, johon on kiinnitetty mitta- asteikko esimerkiksi tulostettavalla tarralla.

8.2.3 Analyysi Johtoryhmän kanssa käydystä keskustelusta

Johtoryhmän kanssa käydyssä keskustelussa tuli erittäin selväksi laadunvalvonnan ja laadukkaiden tuotteiden tärkeys. Maailmantaloudessa eletään haastavia aikoja ja vain laadukkaille elementtitoimittajille on tulevaisuudessa kysyntää. Porin Elementtitehtaan laatujärjestelmä on luotu täyttämään vain CE-merkinnän vaatimukset sekä läpäisemään Inspectan tarkastukset. Laatujärjestelmää ei ole juurikaan mietitty tehtaan tarpeiden tai puutteiden mukaan, jolloin laadunvalvonnan ja laadun kehitys on jäänyt lähelle 0-tasoa.

Laatujärjestelmän tarkoituksena on kehittää elementtitehtaan toimintaa uuteen parempaan suuntaan, eikä vain tuottaa tarvittavia dokumentteja asiakkaille ja sertifikaatin myöntävällä taholle.

Porin Elementtitehtaalla on viime vuosina ollut hieman resurssipulaa toimistohenkilökunnan puolella, joten sopivaa henkilöä laatujärjestelmän kehittäjäksi ei ole löytynyt. Laatujärjestelmän luoneen yrityksen tukihenkilö ei ole toiminut ammatikseen betonielementtiteollisuudessa, joten häneltä ei voida odottaa laatujärjestelmän ja laadunvalvonnan aukotonta kehittämistä.

Tarkastuskorttikäytäntöä ei ole johtoryhmän mukaan sisäistetty työntekijöiden keskuudessa, mutta asialle ei ole silti tehty mitään. Tarkastuskortin käyttöönnotossa ei olla oltu riittävän ohjeistavia tai määrätietoisia, jotta jokainen työntekijä on saanut riittävän tarkan ohjeistuksen siitä, kuinka tärkeästä asiasta on oikeasti kysymys. Erittäin hyvin ja oikein täytetyn tarkastuskortin tarkoituksena on ehkäistä laatupoikkeamia ja inhimillisiä virheitä jo tuotannon ensimmäisessä vaiheessa sekä tukea jälkimittauksia tekevää henkilöä.

9 KEHITYSEHDOTUKSET

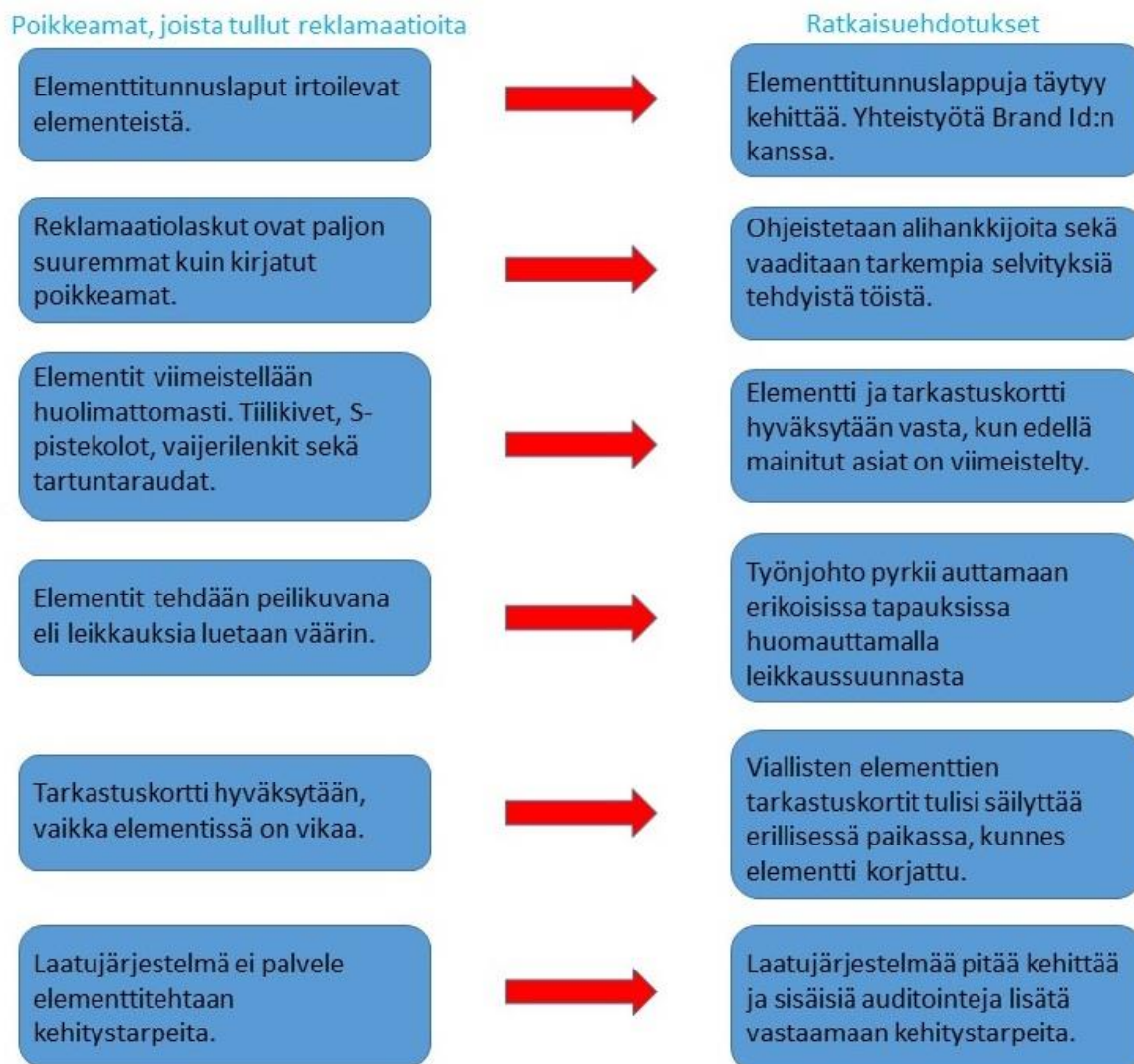
Porin Elementtitehtaalla tehdyssä tutkimuksessa löytyi paljon kehittämisen kohteita. Haastattelujen perusteella tehtiin analyysyjä, joiden pohjalta on kehitetty uusia toimintatapoja sekä työkaluja paremman laadun ja pienempien laatukustannusten saavuttamiseksi. Laatukulttuurin rakentamisen tavoitteena on saada laadukkaasta tekemisestä elämäntapa yritykseen (Silén, 1998).



Kuva 9.1 Virhekustannusten jakautuminen

Elementeissä havaitut poikkeamat voidaan jakaa kolmeen eri luokkaa niiden kustannusten muodostumisen osalta. Kuvassa 9.1 on esitetty kustannusten jakautuminen ja siitä aiheutuvien kustannusten määrä. Ensimmäisessä luokassa ovat jo elementin valmistusvaiheessa havaitut virheet, jotka voidaan olettaa kustannuksia aiheuttamattomiksi. Toisessa luokassa ovat jälkitarkastuksessa havaitut virheet tai poikkeamat, joiden voidaan laskea aiheuttavan erittäin vähäisiä kustannuksia. Kolmannessa luokassa ovat työmaalla havaitut poikkeamat ja virheet, joiden kustannukset ovat aina vähintään satoja ja erittäin usein tuhansia euroja. Ratkaisuehdotuksilla pyritäänkin siirtämään mahdollisia elementeissä tulevia poikkeamia kuvassa 9.1 vasempaan laitaan, jolloin elementtien laatupoikkeamat ja erityisesti laatukustannukset vähenevät huomattavasti. Tutkimuksessa kerättyjen tietojen mukaan työmailla tehtävät korjaukset ovat noin 4-kertaa kalliimpia kuin tehtaalla tehtävät korjaukset. Pintojen oikaisu ja hiominen voivat olla, jopa 10 kertaa kalliimpia, koska työmailla ei ole mahdollista kääntää elementtiä vaakatasoon. Vaakatasossa elementin pinnan tasoittaminen on paljon nopeampaa.

Elementteihin tehtävistä korjauksista aiheutuu työmaille muitakin kuin suoranaisia kustannuksia itse korjaustyöstä. Korjaustyöt viivästyttävät muita työvaiheita ja aiheuttavat aina työjärjestyksien uudelleensuunnittelemista.



Kuva 9.2 Reklamaatioiden aiheet ja ehdotetut ratkaisut

Kuvassa 9.2 on esitetty vasemmassa reunassa reklamaatioiden yleisimpiä aiheita ja oikeassa reunassa niihin tutkimustulosten perusteella esitettävien ratkaisuiden tiivistelmä.

Kehitysehdotusten perusteella parannetaan Porin Elementtitehtaan laatua ja vähentämään laatupoikkeamia.

9.1 Elementtien tunnuslaput

Porin Elementtitehtaan käytettiin tutkimuksen alussa muovisia elementteihin kiinnitettäviä tunnuslappuja, joihin täytettiin käsin tussilla elementtikohtaiset tiedot. Elementtien tunnuslappujen toiminnassa havaittiin heti tutkimuksen alussa muutamia virheitä, joihin päätettiin hakea ratkaisua välittömästi. Tunnuslapuissa havaittiin sekä irtoilua niiden suhteellisen suuren oman painon takia. Tunnuslaput olivat noin 2mm paksuista muovia. Tunnuslappujen tietojen täyttäminen käsin tussilla aiheutti inhimillisiä erehdyksiä, niin kirjoittajan, kuin elementtitunnuksia lukevien henkilöiden keskuudessa.

Elementtitunnuslappuja lähdettiin kehittämään tulostimella valmistettaviksi. Tunnuslappujen tulostaminen päätettiin perustaa päivittäin tehtävään tuotantoraporttiin, jonka perusteella voidaan elementtilappuihin tulostaa oikeat tiedot painon, kohteen ja tyyppin mukaan.

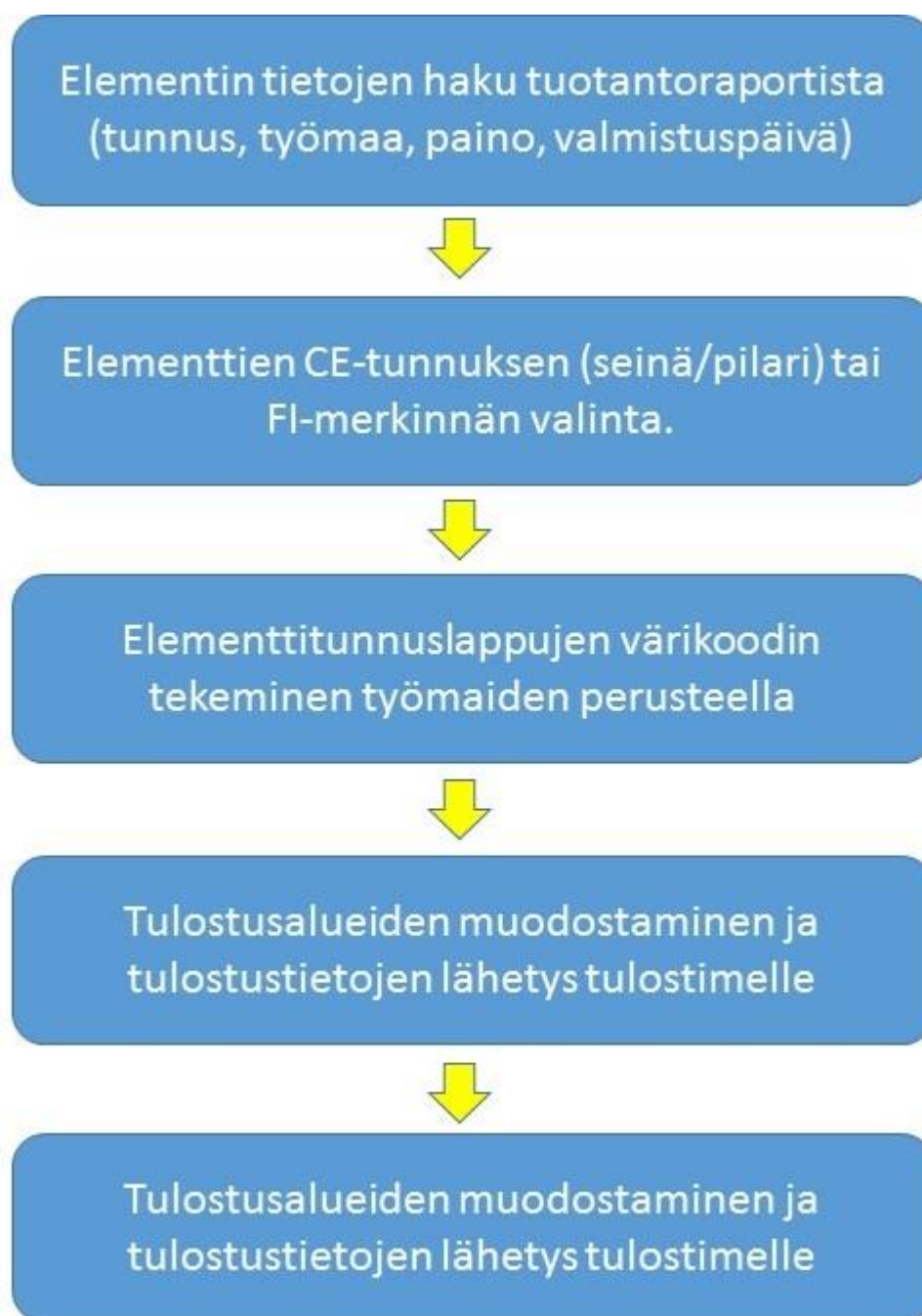
9.1.1 Materiaali

Elementtien tunnuslappujen materiaaliksi valittiin säänkestävä paperi. Paperi tuntuu kädessä ohuelta muovilta ja siihen pystytään erittäin hyvin tulostamaan laser-tulostimella pysyvää tekstiä. Yhteistyössä Brand Id Oy:n kanssa saatiin elementtilapulle sopiva 140mm x 105mm koko ja jo lappujen valmistusvaiheessa siihen tehdään pyöreä reikä yhteen kulmaan.

Lappujen toimintaa sekä välivarastointivaiheessa, että kuljetuksessa on seurattu puolen vuoden ajan ja lappujen toiminta on havaittu erittäin hyväksi. Säärasitukset tai muutkaan välivarastointivaiheessa olevat haitat eivät ole irrottaneet tunnuslappuja ja niiden lukeminen onnistuu helposti.

9.1.2 Lapun valmistus

Elementtitunnuslappujen valmistus tehdään Excel – ohjelman avulla. Päivittäinen tuotantoraportti tehdään valmiiseen pohjaan. Elementtien ollessa selvillä, elementtilappujen tulostamista varten kehitetyllä vba-koodin avulla tulostetaan elementtien tunnuslaput säänkestävälle paperille.



Kuva 9.3 Elementtilappujen tulostuskoodin toiminta

Kuvassa 9.3 on esitetty kehitetyn vba-koodin toiminta yksinkertaistettuna. Rei'itetyt elementtitunnuslaput asetetaan tulostimen ohisyöttötasolle ja niihin tulostetaan kuvan 9.4 mukaiset tiedot.

Elementtien tunnuslappuun tulostetaan tarvittavat CE-merkinnät pois lukien parveke- ja massiivilaatat joihin tulee FI-merkintä, koska tuotteet eivät ole harminisoituja. CE-merkinnän lisäksi elementtilappuun tulostetaan tuotekoodi, joka kertoo elementin tunnuksen. Työmaan tunnus, joka kertoo minne työmaalle elementti on menossa. Paino, joka kertoo, montako tonnia elementti painaa. Porin Elementtitehtaan logo ja osoite, jotka kertovat tuotteen valmistajan. Tunnus, joka kertoo tehtaan voimassa olevasta CE-merkin-

täoikeudesta. Valmistuspäivämäärä, joka kertoo milloin elementti on valettu sekä elementtitason, jota on käytetty elementin valmistamiseen. Elementtitaso merkitään tunnuslappuun myös siksi, että epäselvissä tilanteissa tunnuslappuja jaettaessa on mahdollisuus tarkistaa helposti ja nopeasti tunnuslapun menevän oikeaan elementtiin.

9.1.3 Elementtitunnuslapun toiminta käytännössä

Uusien elementtitunnuslappujen käyttöä käytännössä ehdittiin seurata usean kuukauden ajan. Palautetta on tullut mm. nopeasta ja automatisoidusta valmistustavasta. Tulostin tuostaa laput oikeaan järjestykseen elementtihakissa tehtyyn kierrokseen verraten, joten tunnuslaput ovat jo valmiiksi oikeassa järjestyksessä niitä jaettaessa elementtitasolle.

Värikoodit ovat saaneet hyvää palautetta niiden selkeyden vuoksi. Työmaiden mukaan tulevat värikoodit tunnuslapussa helpottavat elementtien löytämistä lastaustilanteissa. Helppolukuinen teksti ja iso kirjainkoko helpottavat elementtien tunnistamista jo kauempaakin.

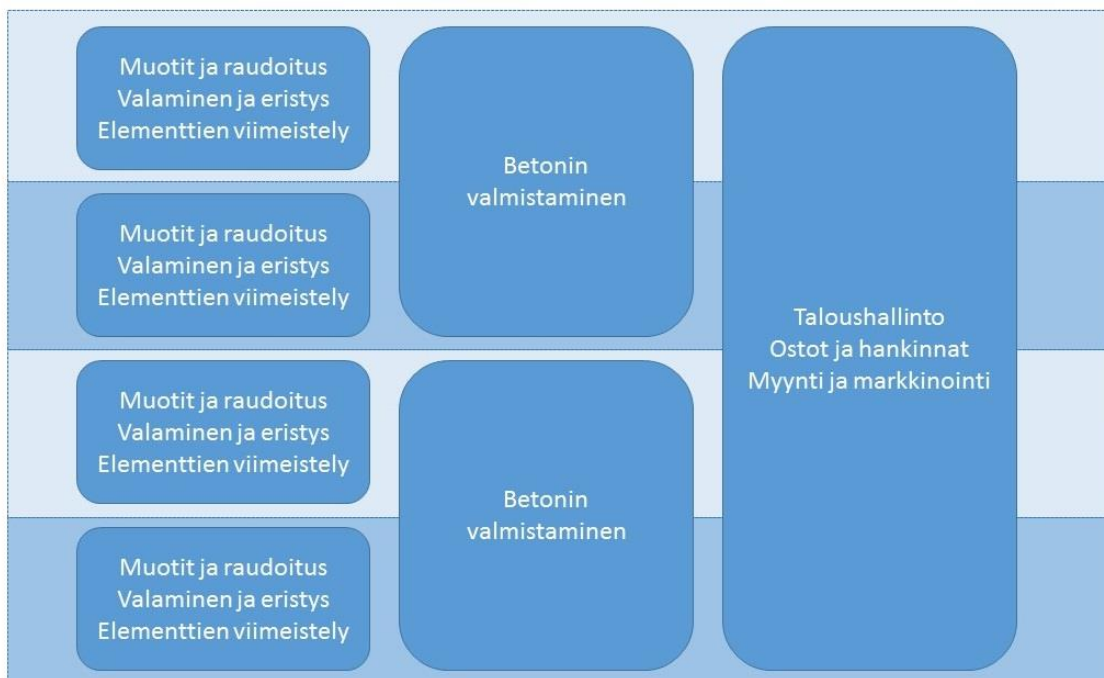


Kuva 9.4 Elementin tunnuslappu

Kuvassa 9.4 on esitetty elementin tunnuslappu. Kuvasta voidaan havaita kaikki kohdassa 9.1.2 selostetut asiat, jotka liittyvät tunnuslapusta löytyviin tietoihin.

9.2 Sisäiset auditoinnit ja laatujärjestelmä

Tutkimuksissa havaittiin, että Porin Elementtitehtaan käytössä oleva laatujärjestelmä ei palvele elementtitehtaan omia tarpeita eikä kehitä laatua toivotulle tasolle. Ratkaisuja haettiin sisäisten auditointien arvioinnilla ja toimivuuden tarkastelulla. Sisäiset auditoinnit tehdään laatujärjestelmän mukaisesti kerran vuodessa ja ne on jaettu seitsemään osa-alueeseen.



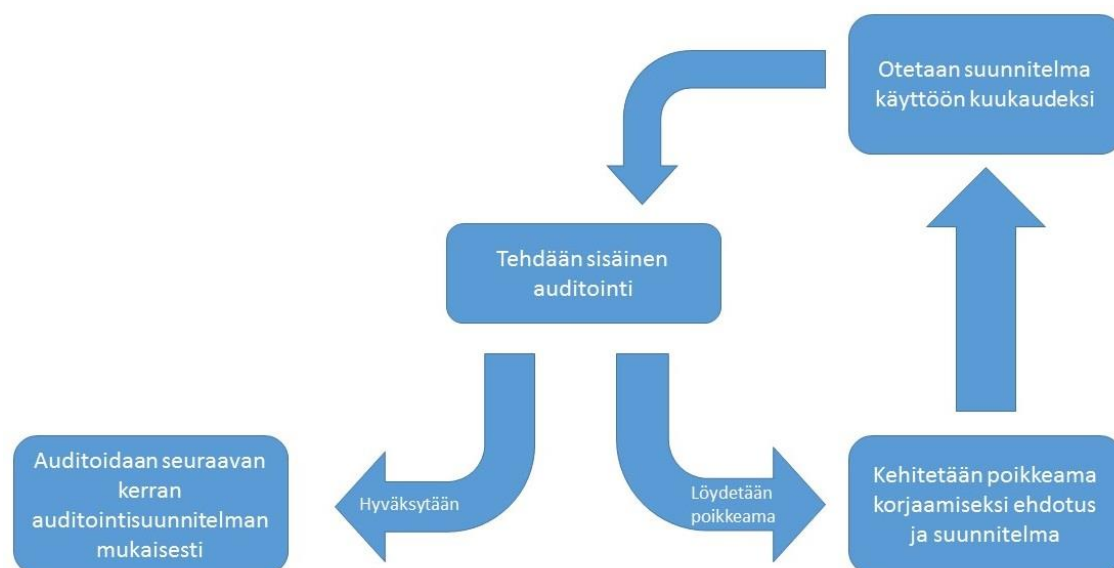
Kuva 9.5 Sisäiset auditoinnit vuosittain

Porin Elementtitehtaan sisäisten auditointien aiheet jaettiin kolmeen eri kategoriaan. Kategorioihin jakamisen idea saatiin Olli Lecklinin sanoista: ”Oikeiden asioiden tekeminen on paljon tärkeämpää kuin asioiden tekeminen oikein” (Lecklin Laine, 2009). Lecklin tarkoittaa tällä lauseellaan keskittymistä olennaisiin asioihin. Ensimmäisen kategorian auditoinnit suoritetaan kuvan 9.5 mukaisesti neljä kertaa vuodessa ja siihen kuuluvat muotit ja raudoitus, valaminen ja eristys sekä elementtien viimeistely. Toisen kategorian auditoinnit suoritetaan kerran puolessa vuodessa ja siihen sisältyy betonin valmistamisen auditointi. Taloushallinto, ostot ja hankinnat sekä myynti ja markkinointi auditoidaan vain kerran vuodessa, koska niillä ei pystytäkään vaikuttamaan Porin Elementtitehtaan laadun parantamiseen. Eero Suominen kertoo kirjassaan rakennusliikkeen laadunvarmistus, että tulosten mittaaminen tulee suorittaa toiminnan kannalta järkevällä aika välillä (Suominen, 1990). Siksi laatuun liittyvien asioiden mittaamista on tihennetty.

9.2.1 Sisäisessä auditoinnissa havaittavat poikkeamat

Porin Elementtitehtaan laatujärjestelmä toimii tällä hetkellä siten, että auditoinnissa havaittavat poikkeamat arvioidaan uudelleen vasta seuraavassa auditoinnissa. Sisäisten auditointien ohjeita muutetaan siten, että mikäli auditoinnissa havaitaan poikkeama, tulee

laatuinsinöörin suunnitella siihen ratkaisu ensimmäisen viikon aikana poikkeaman havaitsemisesta. Mikäli laatuinsinööri katsoo poikkeaman olevan kriittinen, hän esittää asian johtoryhmälle, joka tekee ratkaisun asiaan. Ratkaisun toimivuutta arvioidaan uudessa auditoinnissa kuukauden kuluttua.



Kuva 9.6 Sisäisen auditoinnin kulku

Sisäisen auditoinnin tarkoituksena on kehittää Porin Elementtitehtaan laatua, laadunvalvontaa ja laatu järjestelmää tulevaisuudessakin. Kuva 9.6 havainnollistaa sisäisen auditoinnin tapahtumia ja toimii muistutuksena laatuinsinöörille Porin Elementtitehtaan toimintatavoista.

Sisäisten auditointien tiheällä suorittamisella päästään kuvan 6.1 keskeisempään sisältöön eli jatkuvaan parantamiseen ja kehittämiseen. Edward Deming on ympyrällään kuvannut, kuinka jatkuva parantaminen toimii ja siitä on otettu mallia Porin Elementtitehtaan sisäisten auditointien suorittamiseen.

9.2.2 Sisäisten auditointien suorittaminen tulevaisuudessa

Porin Elementtitehtaalte sisäisiä auditointeja suorittaa laatuinsinööri yhdessä auditoitavien kohteiden tai niissä työskentelevien ihmisten kanssa. Auditointeja suoritetaan jatkossa moninkertaisesti enemmän kuin ennen ja auditointien tulokset ja havainnot kirjataan laadunvalvontajärjestelmään. Sisäisistä auditoinneista tehdään yhteenveto, joka käydään säännöllisin väliajoin läpi johtoryhmän kokouksessa. Yhteenvedossa

Taulukko 9.1 Porin Elementtitehtaan auditointisuunnitelma vuodelle 2015

Betonin valmistus	3/2015		9/2015	
Muotit ja raudoitus	1/2015	4/2015	7/2015	10/2015
Eristys ja valaminen	2/2015	5/2015	8/2015	11/2015
Viimeistely, varastointi ja kuljetukset	3/2015	6/2015	9/2015	12/2015
Ostot ja hankinnat		4/2015		
Myynti ja markkinointi	1/2015			
Taloushallinto				10/2015

Taulukossa 9.1 on esitetty Porin Elementtitehtaan Sisäisten auditointien suunnitelman vuodelle 2015. Suoritettavien sisäisten auditointien ajankohdat ovat määrätty kuukauden tarkkuudella, jolloin laatuinsinööri voi vapaasti valita suorituspäivän. Suorituspäiväksi kuitenkin suositellaan keskellä viikkoa olevaa päivää, jotta poikkeaman havaittaessa pystytään korjausehdotus tekemään vielä saman viikon aikana.

Johdon katselmukset suoritetaan kaksi kertaa vuodessa, jonka tarkoituksena on suorittaa katsaus Porin Elementtitehtaan käytännön asioihin. Katselmuksessa käydään läpi mm. seuraavia asioita: Laatupoikkeamat, laatujärjestelmän tavoitteiden toteutuminen, laatujärjestelmän tavoitteet seuraavalle vuodelle ja sisäisten auditointien huomiot ja poikkeamat sekä korjausehdotukset ja suunnitelmat. Johdon katselmukset suoritetaan tammi-helmikuun aikana sekä heinä-elokuun aikana.

Uusiutuminen on kilpailukyvyyn säilyttämisen ja lisäämisen kannalta erittäin tärkeä asia. Jatkuva oppiminen omista virheistä ja poikkeamista luo uusia toimintatapoja ja jatkossa pystytään valmistamaan entistä laadukkaampia betonielementtejä. Jatkuva parantaminen kuuluu japanilaiseen Kaizen-laatufilosofiaan, jonka tarkoituksena on laadun loputon parantaminen pienin askelin (Lecklin, Laine, 2009). Asiat pystytään tekemään aina paremmin, eikä koskaan olla siinä pisteessä, että voidaan olla kokonaan tyytyväisiä suorittamiseen. Yrityksen kulttuuri tulee saada sellaiseksi, että jokainen työntekijä on sitoutunut parantamaan omaa tekemistään sekä he kokevat parantamisen tärkeäksi ja innostavaksi.

9.3 Jälkitarkastuskortti

Porin Elementtitehtaalla on elementtien tarkastuskortti otettu käyttöön vuoden 2013 alussa. Haastatteluiden perusteella selvisi, että tarkastuskorttia ei täytetä annettujen ohjeiden mukaisesti eikä jälkitarkastusmittaus ole ollenkaan sille asetetulla tasolla. Tarkastuskortin käyttöön tarvitaan uusia ratkaisuja, joilla toiminta saadaan tyydyttävällä tasolle ja tarkastuskorttia pystytään hyödyntämään laadunvalvonnassa ja laatupoikkeamien kiinnisaamisessa.



Kuva 9.7 Elementin tarkastuskortin kulku

Kuvassa 9.7 on havainnollistettu elementtien tarkastuskortin kulkua Porin Elementtitehtaalla. Kuva on tehty havainnollistamaan erityisesti työntekijöille epäselväksi jäänyttä käytäntöä. Tarkastuskortti täytetään mittaamalla tehdystä elementistä mitat ja kirjaamalla ne tarkastuskorttiin. Ei kopioida suoraan elementtikuvasta mittoja tarkastuskorttiin. Kirvesmiesten työparit tarkastavat elementin mittaamalla tarkastuskorttiin merkatut mitat. Tarkastuskortti laitetaan kirvesmiesten mittauksien jälkeen kansioon, josta jälkitarkastaja ottaa sen seuraavana arkipäivän aamuna tarkastusta varten. Jälkitarkastaja mittaa jokaisen elementin ja arvioi elementin yleisen laadun myös pintojen ja viimeistelyn osalta. Mikäli elementistä ei löydy korjattavaa, sen voi välivarastoida ja tarkastuskortin toimittaa toimistoon arkistoitavaksi. Mikäli tarkastuksessa ilmenee poikkeamia ja elementti vaatii lisätöitä, tarkastuskortti kiinnitetään korjattavien elementtien seinällä. Korjattavien elementtien seinä on Porin Elementtitehtaalle hankittava ilmoitustaulun tyyppinen ratkaisu, joka sijoitetaan elementtien viimeistelypäähän. Tarkastuskortit kiinnitetään korjattavien elementtien seinään siihen asti, kunnes kyseinen elementti on korjattu ja se on valmis toimitettavaksi työmaalle.

9.4 Reklamaatioiden ja laatupoikkeamien korjaaminen

Tutkimuksessa havaittiin erittäin suuri ero kirjattujen poikkeamien ja maksettujen laatu-kustannusten välillä. Ero johtuu kokonaan aliurakoitsijoiden tekemistä töistä työmailla ja kaikista teetetyistä töistä ei tule selvää reklamaatiota tai ilmoitusta elementtitehtaalle.

Porin Elementtitehtaalle luotiin ohjeistolomake, joka reklamaatioiden esiintyessä toimitetaan työmaalle.



Kuva 9.8 Reklamaatioista ilmoittaminen Porin Elementtitehtaalle

Kuvassa 9.8 on esitetty Porin Elementtitehtaan ohjeistus asiakkaalle eli työmaalle reklamaatiotilanteessa. Reklamaatio-ohjeistuksessa pyydetään kuvaa poikkeamasta, koska elementtitehtaalla halutaan tarkistaa aina, ettei kyse ole suunnitteluvirheestä. Mikäli rakennusliikkeen omat miehet korjaavat poikkeaman, heidän kustannukset hyvitetään seuraavassa laskussa tai loppuselvityksen yhteydessä. Aliurakoitsijalle annetaan selvät ohjeet kyseisen elementin korjaamiseen ja vain kyseisen elementin korjaamiseen. Jos työmaalla on useita korjattavia kohteita tulee heidän liittää kaikista tarvittavat tiedot ja kuvat reklamaatioonsa.

Reklamaatiokäsittelyssä työmaalle tehdään selväksi, että Porin Elementtitehtaalle kuuluvat korjaukset vain, jos kyseinen tuote on tehty kuvasta poikkeavasti eikä se täytä ohjeissa annettuja toleransseja.

Kun työmaalta saadaan palautetta elementtien laatupoikkeamista nopealla aikataululla, pystyy laatuinsinööri reagoimaan poikkeamiin paremmin. Pystytään paremmin parantamaan kyseisten elementtien valmistusmenetelmiä sekä tarkistamaan vielä tehtaalla olevat samankaltaiset elementit mahdollisten laatuvirheiden varalta. Näin saadaan

myös jokaisesta korjatusta elementistä kirjattua poikkeamailmoitus laadunvalvontajärjestelmään, josta voidaan seurata syntyviä laatupoikkeamia ja niiden mahdollisia juurisyitä.

9.5 Tuotantohallin siisteys

Tuotantohallin epäsiisteys havaittiin tutkimuksessa, jopa työtä haittaavaksi tekijäksi. Hallin yleiset kulkutilat ja käytävät on täytetty käyttämättömäksi jääneillä eristeillä ja jätteillä. Tuotantohallissa on tällä hetkellä useita erikokoisia roskalavoja ja jätteidenkuljetusvaunuja, mutta useilla havaintokäynneillä havaittiin, että lavat ja kuljetusvaunut ovat lähes aina täynnä ja siksi jätettä ja ylimääräisiä eristeitä kerääntyy käytäville ja kulkuväylille.

9.5.1 Muutokset jäteastioihin ja lavoihin

Porin Elementtitehtaalle tulee hankkia erikseen ainoastaan energiajätteelle tarkoitettu keräysastia. Astian koko tulee olla vaihtolavan kokoluokkaa, ja se tulee sijoittaa tuotantohallin toiseen päähän, josta sen tyhjentäminen on helppoa. Nykyisten jätteidenkuljetusvaunujen lisäksi tulee hankkia vielä kaksi tai kolme uutta vaunua. Jotta työntekijöillä on aina saatavillaan tyhjä jätteiden kuljetusvaunu, johon elementtitasolla olevat jätteet voi laittaa. Uudet jätteidenkuljetusvaunut kohdistetaan erikseen maajätteen sekä energiajätteen kuljetukseen. Jätteiden kuljetusvaunut maalataan erivärisiksi jätteiden lajittelun helpottamiseksi. Kuljetusvaunuihin kiinnitetään tarra, jossa kerrotaan jätteen tyyppi sekä selvennetään konkreettisesti, mitä kuljetusvaunuun saa laittaa. Tämä on ainoa tapa, jolla pystytään varmistamaan jätteiden lajittelu myös kuljetusvaunuja tyhjennettäessä.

9.5.2 Työntekijöiden ohjeistus

Työntekijät ohjeistetaan lajittelemaan jätteet oikeisiin jätelavoihin. Porin Elementtitehdas yrittää päästä eroon isosta vaihtolavallisesta sekajätelavasta, jonka tilalle otetaan energiajätelava. Työntekijöille tehdään selvät ohjeet oman työpisteensä siisteydestä sekä yleisten käytävätilojen siisteydestä. Elementtitehtaan varastomies ohjeistetaan yleisten tilojen siisteyden ylläpitämiseen, koska tuotantohallissa tehtyjen havaintokäyntien perusteella voidaan todeta hänellä olevan päivässä riittävästi aikaa myös siisteyden ylläpitämiseen. Kuitenkin isoin suunnanmuuton on tehtävä jokaisen työntekijän kohdalla, koska yksi ihminen ei pysty millään siivoamaan kaikkien 25 muun työntekijän jälkeensä jättämiä jätteitä.

9.6 Työnjohdon ohjeistukset ja uudet toimintatavat

Työnjohto eli laatuinsinööri sekä toimitusjohtaja käyvät tutkimusten mukaan jokaisen elementtikuvan läpi ennen sen tuotantoon menoa. Toimitusjohtaja tekee tuotantojärjestyksen tarkastellen jokaista elementin kokoa, paksuutta ja mahdollisia ikkuna-aukkoja.

Laatuinsinööri käy läpi jokaisen elementtikuvan laittaen ne elementtiluetteloon tunnusittain. Tunnusten lisäksi elementtiluetteloon laitetaan elementin koko, ikkuna-aukkojen koko sekä kaikkiin elementteihin tulevat ja tilattavat erikoisosat.

Poikkeamia on tullut useita johtuen elementtikuvan leikkaussuuntien väärästä lukemisesta. Elementtikuvat käydään sekä tuotannonsuunnittelijan, että laatuinsinöörin toimesta läpi, joten työnjohdon tulee merkata havaitsemansa erikoiset leikkaussuunnat elementtipiirustukseen huomiomerkein. Hyviä huomiomerkkejä ovat yliviivaustussilla korostetut leikkaussuunnat tai kirjoituksella osoitettu erikoinen elementin leikkaussuuntien kuvaus. Useimmat elementit ovatkin jo piirretty siten, että ne voidaan valmistaa suoraan kuvasta lukemalla, mutta toisissa on vielä havaittavissa leikkaussuuntien johdosta aiheutuvaa elementin kääntämistä, joka tarkoittaa, että suoraan naamakuvasta tehtäessä elementistä tulee tarkoitetun elementin peilikuva.

10 POHDINTA

Diplomityössä tutkittiin Porin Elementtitehtaan laadunvalvontaa ja laatukustannuksia. Laadunvalvonnan pääperiaatteet selvitettiin kirjallisuudesta ja vertailtiin sitä käytännössä toteutettaviin laadunvalvontatoimiin. Tutkimustuloksia saatiin havaintojen, haastatteluiden sekä kerättyjen tietojen perusteella. Diplomityössä saatiin Porin Elementtitehtaalta jo tutkimuksen aikana hyväksi havaittuja kehitysratkaisuja, joiden toiminnan toimivuus pystyttiin toteamaan myös tutkimuksen aikana. Kehitysratkaisuja tehtiin päivittäiseen toimintaan, dokumentaatioon sekä johdon toimintatapoihin. Diplomityössä esitetään toimintatapojen muutoksia, joiden tuloksia ei vielä pystytä mittaamaan, mutta toimivuutta on kuitenkin analysoitu.

10.1 Aineiston tarkastelu

Laatukustannukset ovat Porin Elementtitehtaalta nousseet viimeisten vuosien aikana hyvin suuriksi. Tutkimuksessa huomattiin kirjattujen poikkeamien ja maksettujen laatukustannusten välillä merkittävä ero, joka johtuu aliurakoitsijoiden tekemistä töistä työmailla. Työmailla tehtävät korjaustöiden määrä ja niiden aiheuttamat kustannukset eivät ole olleet elementtitehtaan hallussa ja työtä on johtanut rakennuksella työmaan vastaava mestari.

Työmailta tulleet reklamaatiot ovat olleet epäselviä ja kustannuksia ei ole pystytty suoraan yhdistämään reklamaatioihin ja niiden hallinta on ollut vaikeaa. Diplomityössä esitetään ratkaisumalli jatkotoimintaa varten, joka sisältää selkeät ohjeet työmaille sekä aliurakoitsijoille elementtien korjaustöiden osalta. Ohjeistus on esitetty kohdassa 9.4.

Elementtitunnuslappujen irtoileminen sekä niihin liittyvät inhimilliset erehdykset saatiin poistettua kokonaan tutkimuksessa kehitetyssä Excel-ohjelmassa, jolla vba-koodin avulla saadaan elementtien tunnuslaput tulostettua laser-tulostimella. Paperin kestävyys varmistettiin yhteistyöllä Brand Id Oy:n kanssa, jolta tilattiin valmiiksi leikatut ja rei'itetyt elementtien tunnuslaput.

Laatujärjestelmän toimivuus todettiin tutkimuksessa huonoksi ja sen kehittämiseen käytettiin paljon resursseja. Laatujärjestelmä on luotu vain täyttämään CE-merkin vaatimat ohjeet huomioimatta elementtitehtaan laadun kehityksen tai ylläpitämisen kannalta mitään asioita. Laatujärjestelmän luomisen perusideana käytettiin Edward Demingin jatkuvan kehityksen ympyrää, jota yhdistettiin Porin Elementtitehtaalta tehtäviin sisäisiin auditointeihin (Lecklin, Laine, 2009). Laatujärjestelmän uudelleen luomisen tuloksena on erittäin paljon nopeammin reagoiva ja itsekriittinen järjestelmä, jonka tavoitteena on jatkuva parantaminen. Laatujärjestelmä tekee havaintoja paljon entistä enemmän

ja poikkeaman havaittuaan laatuinsinöörillä on paljon tarkemmat ohjeet ja tiukemmat aikataulut asian ratkaisemiseen.

Tarkastuskorttikäytäntö havaittiin haastattelujen ja havaintojen perusteella lainlyödyksi ja siihen luotiin selkeä ohjeisto miten tarkastuskortin kanssa toimitaan. Kirvesmiesten tulee mitata tarkastuskorttiin laitettavat arvot omasta elementistään eikä vain kopioida suoraan elementtipiirustuksesta. Otettiin käyttöön myös työparin mittojen tarkistaminen, joka auttaa inhimillisten virheiden eliminoimisessa jo tuotantovaiheessa. Tarkastuskortt uudistuksen myötä tuotantohalliin hankitaan ilmoitustaulu-tyyppinen seinä, johon tarkastuskortit voidaan kiinnittää poikkeaman sattuessa korjauksen ajaksi.

Tuotantohallin siisteyteen puututtiin, koska tuotantotilat havaittiin epäsiisteiksi ja laadukasta tekemistä haittaaviksi. Ratkaisuna esitettiin uudistettua jätteiden keräys – ja lajittelusysteemiä, jonka avulla käytävillä ja kulkutiloissa olevat jätteet saadaan siivottua pois. Havaintojen perusteella löydettiin myös yleissiivousta päivittäin suorittava henkilö, jonka työpäivään saadaan hyvin mahdutettua muutama tunti tuotantotilojen siivousta.

Työntekijöille suunnitellaan parantamishdotuksia koskien pieni palkkio-ohjelma, jonka tarkoituksena on pitää työntekijät virkeinä ja ajattelevaisina omaa työntekoaan kohtaa. Työntekijöiden motivaatiota voidaan kasvattaa ja saadaan heidät keskittymään omaan työhönsä paremmin.

10.2 Tutkimuksen tarkastelu

Tutkimuksessa käytettiin tulosten saamiseksi kolmea eri tutkimustapaa. Kerättiin kustannustietoja työmailta tulleista laatuvirheistä, haastateltiin Porin Elementtitehtaan työntekijöitä sekä tehtiin havaintokäyntejä tuotantotiloihin. Tutkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina ja ne antavat hyvän pohjan kehitysehdotusten rakentamiselle.

Kehitysehdotuksia ja ratkaisumalleja kehitettiin edellä mainittujen tutkimustulosten perusteella. Pyrittiin luomaan sekä heti toteutettavia ratkaisuja päivittäiseen toimintaan, että uusia johdon toimintatapoja, joilla pystytään kehittämään laadunvalvontaa Porin Elementtitehtaalla.

Tutkimuksessa saatiin hyviä tuloksia ja ratkaisumallien toiminnasta saatiin havaintojakin. Esimerkkinä toimii elementtitunnuslappujen uusiminen ja niiden käyttöön-otto todettiin hyväksi uudistukseksi.

10.3 Jatkotoimintaehdotukset

Tulevaisuudessa Porin Elementtitehtaalla tullaan noudattamaan tässä diplomityössä kehitettyjä ratkaisuehdotuksia ja toimintamalleja. Kehitettyjen toimintamallien ideana on jatkuva parantaminen ja havaintojen tekeminen. Esimerkiksi auditointien avulla löydettävien virheiden ja puutteiden korjaaminen tulee auttamaan Porin Elementtitehdasta parantamaan laatuaan tulevaisuudessakin.

LÄHTEET

BY 43 BETONIN KIVIAINEKSET 2008. Helsinki 2009, Suomen Betoniyhdistys r.y. 58 s.

BY 50 BETONINORMIT 2004. Helsinki 2009, Suomen Betoniyhdistys r.y. 239 s.

BY 201 BETONITEKNIIKAN OPPIKIRJA 2004. Viides, uudistettu painos. Helsinki 2005, Suomen Betoniyhdistys r.y. 570 s.

Eero Suominen, Rakennusliikkeen laadunvarmistus. Helsinki 1990. Suomen Rakennusteollisuusliitto. 47 s.

Olli Lecklin, Laatu yrityksen menestystekijänä. Neljäs uudistettu painos, Jyväskylä 2002, Talentum Media Oy. 464 s.

Olli Lecklin, Risto O. Laine. Laadunkehittäjän Työkalupakki, Innovatiivisen johtamisjärjestelmän rakentaminen. Helsinki 2009. Talentum Media Oy, 297 s.

Porin Elementtitehdas Oy:n laatusuunnitelma

SFS-KÄSIKIRJA 156 Betonin testaus 2005. Toinen painos. Helsinki 2005, SFS. 247 s.

Simo Hokkanen, Oiva Strömberg. Laatuun johtaminen. Jyväskylä 2006. Sho business development Oy. 181 s.

Timo Silén, Laatujohtaminen –menetelmiä kilpailukyvyn vahvistamiseksi. Porvoo 1998. WSOY. 157 s.

Voutilainen Pasi, Ritola Ossi, Moisio Jussi, IMS-Johtamisjärjestelmä. Helsinki 2001, Edita Oyj. 270 s.

LIITTEET

Liitel1: Betonimassan osa-aineiden valvonta (BY 50 2009, s.138-139.)

nro.	Osa-aine	Tarkastus/testaus	Testauksen tarkoi- tus	Vähimmäismäärät
1	Sementit	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimituksen tilauksen mukaiseksi ja alkupe- rältäään oikeaksi	Jokainen toimituserä
2	Kiviainek- set	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimituksen tilauksen mukaiseksi ja alkupe- rältäään oikeaksi	Jokainen toimituserä
3		Kiviaineksen tarkastus ennen purkamista	Verrata ulkonäköä rakeisuuden, rae- muodon ja epäpuhtauksien osalta normaaliin	Jokainen toimituserä. Hihnakuljettimella toimitettaessa määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella
4		EN 933-1 mukainen seula-analyysi	Arvioida rakeisuuden standardimukaisuutta tai muun sovitun luokittelun mukaisuutta	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä. Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella
5		Epäpuhtauksien testaus	Arvioida epäpuhtautta aiheuttavat aineet ja niiden määrä.	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä. Määrääjain, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella

6		Vedenimeytymisen testaus EN 1097-6 mukaisesti	Määrittää betonin tehollinen vesimäärä	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä.
7	Kevyiden tai raskaiden kiviainesten lisävalvonta	Vedenimeytymisen testaus EN 1097-3 mukaisesti	Mitata irtotiheys	Toimitettaessa ensimmäisen kerran kiviainesta, jonka alkuperä on uusi ja josta toimittaja ei ole antanut ko. tietoja. Jos silmämääräinen tarkastus aiheuttaa epäilyä. Määräajoin, jotka määräytyvät paikallisten olojen tai toimitusolosuhteiden perusteella
8	Betonin lisäaineet	Kuormakirjan ja etiketin tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja asianmukaisesti merkityksi	Jokainen toimituserä
9		EN 934-2 mukainen tunnistustestaus, esim. tiheys, infra puna	Verrata valmistajan antamiin tietoihin	Jos on aihetta epäilyyn
10	Irtotavarana jauhe- muodossa olevat seosaineet	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkupe- rältäään oikeaksi	Jokainen toimituserä ja määräajoin betonin valmistuksen aikana
11		Lentotuhkan hehkutushäviön määrittäminen	Tunnistaa hiilipitoisuuden muutokset, jotka saattavat vaikuttaa huokosilmaa sisältävään betoniin	Jokainen toimituserä, jota käytetään huokosilmaa sisältävään betoniin, jos toimittaja ei ole antanut ko. tietoja
12	Lisäaineet suspensiona	Kuormakirjan tarkastus ennen purkamista	Varmistaa toimitus tilauksen mukaiseksi ja alkupe- rältäään oikeaksi	Jokainen toimituserä

13		Tiheyden määrittäminen	Tasalaatuisuuden varmistaminen	Jokainen toimituserä ja määräajoin betonin valmistuksen aikana
14	Vesi	EN 1008 mukainen testaus	Varmistaa, että vedessä ei ole haitallisia aineita, ellei vesi ole talousvettä	Käytettäessä ensimmäisen kerran muuta kuin talousvettä. Jos on aihetta epäilyyn

Liite 2: Valmistusmenetelmien ja betonin ominaisuuksien valvonta [BY 50 2009, s. 140-141.]

nr o	Testaus	Tarkastus/testaus	Tarkoitus	Vähimmäistiheys
1	Betonin ominaisuudet	Alkutestaus	Saada näyttö siitä, että ehdotetulla koostumuksella saavutetaan määritellyn mukaiset ominaisuudet riittävällä marginaalilla	Ennen uuden betonikoostumuksen käyttöönottoa
2	Hienojen kiviainesten vesimäärä	Jatkuva mittaus, kuivaustesti tai vastaava	Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja li-sättävän veden määrä	Jos ei mitata jatkuvasti, testataan päivittäin. Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen voidaan vaatia tätä tiheämpää tai harvempaa testausta
3	Karkeiden kiviainesten vesimäärä	Kuivaustesti tai vastaava	Määrittää kiviaineksen kuivapaino ja li-sättävän veden määrä	Paikallisista oloista ja sääoloista riippuen
4	Betonimassan vesimäärä	Lisätyn veden määrän tarkistus	Saada tietoja vesise-menttisuhteen määrittä- mistä varten	Jokaisesta annoksesta
5	Betonin kloridipitoisuus	Alkutestaus laske-malla	Varmistaa, ettei suu-rinta kloridipitoi-suutta ylitetä	Alkutestauksessa, jos osa-aineiden kloridipitoisuus on li-sääntynyt
6	Notkeus	Silmämääräinen tarkastus	Verrata normaaliin ulkonäköön	Jokaisesta annoksesta

7		EN 12350-2, -3, -4, tai -5 mukainen notkeuden määrittäminen	Arvioida, onko määritellyt notkeusarvot saavutettu ja tarkistaa mahdolliset vesimäärän muutokset	
8	Betonimassan tiheys	EN 12350-6 mukainen tiheyden määrittäminen	Kontrolloida kevytbetonin ja raskasbetonin annostelun ja tiheyden määrittämisen valvontaa	Päivittäin
9	Betonimassan sementtimäärä	Annostellun sementin määrän tarkistaminen	Tarkistaa sementtimäärä ja saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittämistä varten	Jokaisesta annoksesta
10	Betonimassan seosainemäärä	Annosteltujen seosaineiden määrän tarkistaminen	Tarkistaa seosainemäärä ja saada tietoja vesi-sementtisuhteen määrittämistä varten	Jokaisesta annoksesta
11	Betonimassan lisäainemäärä	Annosteltujen lisäaineiden massan tai tilavuuden tarkistaminen	Tarkistaa lisäainemäärä	Jokaisesta annoksesta
12	betonimassan vesi- sementtisuhte	Laskemalla tai testaamalla	Arvioida, onko määritetty vesi-sementtisuhte saavutettu	Päivittäin, jos määritetty
13	Betonimassan ilmamäärä, jos se on määritetty	EN 12350-7 mukainen testaus	Arvioida, onko määritetty huokosilma saavutettu	BY 50 liitteen 5 mukaisesti
14	Betonimassan lämpötila	Lämpötilan mittaaminen	Arvioida, onko saavutettu alin sallittu lämpötila 5 °C tai määritetty raja-arvo	Jos on aiheutta epäilyä. Silloin kun lämpötila on määritetty: Määräajoin tilanteen mukaan Jokaisesta annoksesta tai kuormasta, jos betonin lämpötila on lähellä raja-arvoa

15	Kovettuneen kevytbetonin tai raskasbetonin tiheys	EN 12390-7 mukainen testaus	Arvioida, onko vaadittu tiheys saavutettu	Silloin kun tiheys on määritetty, yhtä usein kuin puristuslujuuden määrittäminen
16	Puristuslujuuden määrittäminen valetuista koekappaleista	EN 12390-3: 1999 mukainen testaus	Arvioida, onko vaadittu lujuus saavutettu	Silloin kun puristuslujuus on määritetty, yhtä usein kuin vaatimustenmukaisuuden valvonnassa

Liite 3: Haastattelumuistiot ja pääkohdat keskusteluista

Johtoryhmä (toimitusjohtaja, laatuinsinööri, logistiikkapäällikkö)

- **Mitä on laatu? Millainen on laadukas elementti?**
 - Laatu on elementtisuunnitelmien tarkkaa noudattamista
 - Suunnitelman mukainen
 - Hyvin viimeistelty
 - Ei vain toleranssien sisällä pysymistä vaan elementin pitää olla mahdollisimman hyvin tehty
- **Kuinka tärkeää laatu on Porin Elementtitehtaalle?**
 - Yksi tärkeimmistä asioista
 - Laatuun pitäisi panostaa, jotta pysytään kilpailukykyisenä
 - Joskus laadun annetaan kärsiä kireän toimitusaikataulun vuoksi
 - Laatu on erittäin tärkeä asia, mutta tämänhetkinen panos ei riittävä
- **Toimiiko nykyinen laadunvalvonta? Miksi ei?**
 - Ei toimi
 - Tarkastuskorttia ei olla sisäistetty
 - Joakimin rooli tarkastajana (ammattitaito ja into eivät riitä)
 - Parit mittaisivat toistensa elementit ja tekisivät tarkastuskortit??
- **Kenellä on suurin vastuu yksittäisen elementin laadukkaasta tekemisestä?**
 - Muottimiehillä eli kirvesmiehillä
 - He ovat vastuussa kaikesta muusta paitsi valumiehet vastaavat pinnan laadusta
- **Ketä varten laadunvalvontaa suoritetaan?**
 - INSPECTAA
 - Asiakkaita varten, jotta tarvittavat dokumentit löytyvät
 - Valvontaa tulisi suorittaa itseä ja omia laatuksustannuksia varten
- **Onko laatuksustannukset tällä hetkellä kohtuullisella tasolla?**
 - Laatuksustannukset eivät ole kohtuullisella tasolla

- Laatukustannukset ovat aivan kohtuuttomalla tasolla ja syy siihen miksi diplomityötä tehdään
- Laatukustannukset ovat paisuneet vuosi vuodelta vain isommiksi ja isommiksi
- **Mistä osa-alueesta tulee eniten reklamaatioita?**
 - Käsintehtyjen sisäpintojen epätasaisuus
 - Sähköputket ja rasiat
 - Viimeistelyt, s-pistekolot putket, uretaani jne.

Valumiehet (valaminen sekä pintojen teko)

- **Mikä teidän motiivi on tehdä laadukasta työtä? (Ammattiylpeys?)**
 - Moraali tulee vastaan, ettei kehdata tehdä huono eli ammattiylpeyttä on.
 - Kiire vaikuttaa negatiivisesti laadukkaaseen tekemiseen
 - Työntekijöiden omasta mielestä ammattitaito riittää laadukkaiden elementtien valmistukseen
 - Ei tehdä tahallaan huonoa ja pyritään hyvään lopputulokseen
- **Miten toimit, jos huomaat laatuvirheen? (esim. pintojen teossa)**
 - Pyritään aina korjaamaan omat sekä toisen virheet.
 - Pyritään hyvään jälkeen
 - Kommunikointi valumiesten kesken on ihan hyvää, yhtä poikkeusta lukuun ottamatta.
 - Kirvesmiesten kanssa kommunikointi sujuu hyvin eikä epäselviä tilanteita tule.
 - Valumiehet korjaavat mielellään itse toisen tekemät virheet ennen kuin sanovat siitä toiselle.
- **Kuinka tärkeää on, että sähköasennukset pysyvät paikoillaan eikä betonia pääse rasioihin/putkiin? Miten toimit jos huomaat? Huomaatko asiaa ylipäänsä?**
 - Valumiehet pitävät tärkeänä asiana sähköjen paikallaan pysymistä.
 - Jos huomataan rasioiden liikkumista tai täyttymistä, lapioidaan betoni pois ja korjataan rasia.
 - Pintaan asennettavat rasiat pyritään pitämään kiinni asennuspuissa.
 - Pyritään välttämään sähköputkien päälle astumista.
- **Miten varmistat isojen pintojen suoruuden ja elementin oikean paksuuden keskellä? (työkalujen käyttö, onko saatavilla?)**
 - Silmällä ja kokemuksella sen huomaa milloin pinta on oikealla korkeudella
 - Puulla katsottaisiin pinta muuten, mutta aukot ja muu elementin varustelu häiritsee liikaa työn suorittamista.
 - Tikku jolla pystyy mittaamaan betonin paksuuden keskeltä elementtiä olisi hyvä ratkaisu ja helppo käyttää.

Kirvesmiehet (muottien teko, raudoitteiden ja osien asennus)

- **Kuinka tarkasti noudatat kuvassa annettuja mittoja?**
 - Mittoja pyritään noudattamaan todella tarkasti
 - Varaukolot, s-pistekolot ja tapit noin 1cm tarkkuudella
 - Aukot tai muut elementin lisäosat voivat olla liikuttamisen syynä
- **Onko tärkeää noudattaa betonipeitepaksuuksia?**
 - Valumiehistä kiinni... Voivat olla mitä vain
 - Kiertävät teräkset laitetaan silmämääräisesti oikeaan kohtaan ja välillä tarkastetaan
 - Betonipeitepaksuutta ei pidetä tärkeänä asiana
- **Kuinka tarkasti luet piirustuksen kun työmaa vaihtuu? Entä sarjoja tehdessäsi?**
 - Aina ei muisteta katsoa leikkaussuuntia
 - Sarjoja tehdessä voidaan käyttää elementtipetiin jääneitä merkkejä eikä aina mitata tarkasti
 - Sarjoista voi helposti tulla väärin tehtyjä
 - **Työnjohdon tulisi huomata merkata poikkeavat leikkaussuunnat työntekijöiden helpottamiseksi**
- **Miten toimit kun havaitset laatupoikkeaman omassa elementissäsi?**
 - Korjataan heti
 - Helpompi korjata itse betonin ollessa märkää kuin jonkun muun kuivaa betonia
 - Palautteen antaminen eristystyöstä valumiehille on vaikeaa jos työ on tehty huonosti
- **Otatko palautetta vastaan tekemistäsi virheistä vai jatkatko samaan malliin?**
 - Palautetta ei oteta vastaan
 - Kuvitellaan ärsyttämisenä ja tahallisen vinoiluna
 - Jatketaan samaan malliin eikä välttämättä edes uskota tehneensä virhettä
- **Onko tarkastuskortista hyötyä? Kuinka tarkasti täytät kortin? Miksi sinun mielestäsi tarkastuskortti täytetään? Olisitko valmis täyttämään korttiin myös sähköasennukset ja tartunnat?**
 - Ei mitään hyötyä
 - Tarkastajan toiminta hämää, koska hän ei oikeasti tarkasta elementtejä
 - Tarkastuskortti täytetään suoraan kuvasta tai muistista
 - Tarkastuskorttiin keskityttäisiin enemmän, jos työntekijät kokisivat, että putsauspää hoitaa elementtien tarkastuksen huolellisesti
- **Varmistatko jotenkin etteivät sähköasennukset liiku tai täyty betonilla valuvaiheessa?**
 - Sidotaan mahdollisimman hyvin elementin sisällä olevaan raudoitukseen tai tehdään sinne tukia, joihin putket ja rasiat saadaan kiinni

- Ei voida estää valumiesten kävelyä sähköjen päällä, jolloin ne saattavat irrota
- Jotkut käyttävät myös teippiä liitosten varmistamiseksi